UDC



中华人民共和国国家标准

P GB/T 50050－2017

工业循环冷却水处理设计规范

Code for design of industrial recirculating cooling water treatment

2017－05－27 发布 2018－01－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

工业循环冷却水处理设计规范

Code for design of industrial recirculating cooling water treatment

GB/T 50050-2017

主编部门：中国工程建设标准化协会化工分会
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 8 年 1 月 1 日

中国计划出版社

2017 北 京

中华人民共和国国家标准

工业循环冷却水处理设计规范

GB/T 50050-2017

☆

中国计划出版社出版发行

网址：www.jhpress.com

地址：北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码：100038　电话：（010）63906433（发行部）

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm　1/32　2.75印张　68千字

2017年12月第1版　2017年12月第1次印刷

☆

统一书号：155182·0186

定价：18.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1576 号

住房城乡建设部关于发布国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》的公告

现批准《工业循环冷却水处理设计规范》为国家标准，编号为GB/T 50050—2017，自2018年1月1日起实施。原国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050—2007同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017年5月27日

前　言

本规范根据住房城乡建设部《关于印发2014年工程建设标准规范制订修订计划的通知》(建标〔2013〕169号)的要求,由中国寰球工程有限公司会同有关单位共同修订完成。本规范的修订遵循国家有关基本建设的方针政策,重点突出了节水、节能和保护环境。通过深入调研工程建设发展中遇到的新情况、新问题和规范执行过程中遇到的疑难问题,认真研究和借鉴发达国家经验,开展了相关技术研究和试验,在广泛征求了有关设计、生产、建设、科研等单位意见的基础上,修订本规范。

本规范共分9章和3个附录,主要内容包括:总则,术语和符号,循环冷却水处理,旁流水处理,补充水处理,再生水处理,排水处理,药剂贮存和投加,监测、控制和检测等。

本次修订和增加的内容如下:术语、符号、间冷(开式和闭式)和直冷循环冷却水水质指标、旁滤器形式、再生水水质指标和药剂投加方式。

本规范由住房城乡建设部负责管理,中国工程建设标准化协会化工分会负责日常管理,中国寰球工程有限公司负责对具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送至中国寰球工程有限公司《工业循环冷却水处理设计规范》国家标准管理组(地址:北京市朝阳区来广营高科技产业园创达二路1号,邮政编码:100012),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国寰球工程有限公司

参 编 单 位:纳尔科(中国)环保技术服务有限公司

中冶京诚工程技术有限公司

华北电力设计院有限公司
中国昆仑工程有限公司
北京科技大学

主要起草人：靳　波　孙继涛　濮威贤　黄润德　苏　雷
王建军　刘军梅　丁贵智　陈新权　张海林
林庆宗　孙必鑫　童银银　李晓刚　刘智勇

主要审查人：刘丽生　马　强　李本高　张　鸿　韩红琪
唐安中　蒋晓明　于学锋　蔡冠萍　李绪忠
杨文忠　衣龙欣

目　次

Contents

1 总　　则

1.0.1 为了贯彻国家节约水资源、节约能源和保护环境的方针政策，使工业循环冷却水处理设计做到技术先进，经济实用，安全可靠，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以地表水、地下水和再生水作为补充水的新建、扩建、改建工程的工业循环冷却水处理设计。

1.0.3 工业循环冷却水处理设计应吸取国内外先进的生产实践经验和科研成果，应符合安全生产、保护环境、节约能源和节约用水的要求，并便于施工、维修和操作管理。

1.0.4 工业循环冷却水处理设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 循环冷却水系统　recirculating cooling water system

以水作为冷却介质，并循环运行的一种给水系统，由换热设备、冷却设备、处理设施、水泵、管道及其他有关设施组成。

2.1.2 地表水　surface water

指存在于陆地表面暴露于大气的水，河流、湖泊、冰川和沼泽等，不包括海水。

2.1.3 开式系统　open system

间冷开式和直冷系统的统称。

2.1.4 间冷开式循环冷却水系统　indirect open recirculating cooling water system

循环冷却水与被冷却介质间接传热且循环冷却水与大气直接接触散热的循环冷却水系统，简称间冷开式系统。

2.1.5 直冷开式循环冷却水系统　direct open recirculating cooling water system

循环冷却水与被冷却介质直接接触换热且循环冷却水与大气直接接触散热的循环冷却水系统，简称直冷系统。

2.1.6 间冷闭式循环冷却水系统　indirect closed recirculating cooling water system

循环冷却水与被冷却介质间接传热且循环冷却水不与大气接触的循环冷却水系统，简称闭式系统。

2.1.7 药剂　chemicals

循环冷却水处理过程中所使用的各种化学品。

2.1.8 异养菌总数　count of aerobic heterotrophic bacteria

以细菌平皿计数法统计出每毫升水中的异养菌落个数，单位为 CFU/mL。

2.1.9 生物黏泥 slime

微生物及其分泌的黏液与其他有机和无机杂质混合在一起的黏浊物质。

2.1.10 生物黏泥量 slime content

用生物过滤网法测定的循环冷却水所含生物黏泥体积，单位为 mL/m^3。

2.1.11 污垢热阻值 fouling resistance

换热设备传热面上因沉积物而导致传热效率下降程度的数值，单位为 $m^2 \cdot K/W$。

2.1.12 腐蚀速率 corrosion rate

以金属腐蚀失重而算得的每年平均腐蚀深度，单位为 mm/a。

2.1.13 黏附速率 adhesion rate

换热器单位传热面上每月的污垢增长量，单位为 mg/(cm^2 · 月)。

2.1.14 系统水容积 system capacity volume

循环冷却水系统内所有水容积的总和，单位为 m^3。

2.1.15 浓缩倍数 cycle of concentration

循环冷却水与补充水含盐量的比值。

2.1.16 监测试片 monitoring test coupon

置于监测换热设备、测试管或塔池中用于监测腐蚀的标准金属试片。

2.1.17 预膜 prefilming

以预膜液循环通过换热设备，使其金属表面形成均匀致密保护膜的过程。

2.1.18 旁流水 side stream

从循环冷却水系统中分流并经处理后，再返回系统的那部分水。

2.1.19 药剂允许停留时间 permitted retention time of chemicals

药剂在循环冷却水系统中的有效时间。

2.1.20 补充水量　amount of makeup water

指补充循环冷却水系统运行过程中损失的水量，单位为 m^3/h。

2.1.21 排污水量　amount of blowdown

在确定的浓缩倍数条件下，需要从循环冷却水系统中排放的水量，单位为 m^3/h。

2.1.22 再生水　reclaimed water

污水经处理后，水质达到利用要求的水。

2.1.23 稳定指数　stability index

指 2 倍水的饱和 pH 值和水的实际 pH 值的差值。以此判定水的腐蚀或结垢倾向。

2.1.24 阻垢　scaling inhibition

抑制或延缓垢物在循环冷却水系统内的形成和生长过程。

2.1.25 缓蚀　corrosion inhibition

抑制或延缓金属在循环冷却水系统内被腐蚀的过程。

2.2 符号

A——冷却塔空气流量(m^3/h)；

A_c——硫酸投加量(kg/h)；

C——空气含尘量(g/m^3)；

C_{mi}——补充水某项成分含量(mg/L)；

C_{ms}——补充水悬浮物含量(mg/L)；

C_{rs}——循环冷却水悬浮物含量(mg/L)；

C_{ri}——循环冷却水某项成分含量(mg/L)；

C_{si}——旁流处理后水的某项成分含量(mg/L)；

C_{ss}——滤后水悬浮物含量(mg/L)；

G_f——首次加药量(kg)；

G_o——氧化型杀生剂加药量(kg/h)；

G_r——系统运行时加药量(kg/h)；

g——每升循环冷却水加药量(mg/L);

g_o——每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量(mg/L);

K_s——悬浮物沉降系数;

k——蒸发损失系数(1/℃);

M_m——补充水碱度(mg/L,以 $CaCO_3$计);

M_r——循环冷却水控制碱度(mg/L,以 $CaCO_3$计);

N——浓缩倍数;

Q_b——排污水量(m^3/h);

Q_{b1}——强制排污水量(m^3/h);

Q_{b2}——循环冷却水处理过程中损失水量,即自然排污水量(m^3/h);

Q_e——蒸发水量(m^3/h);

Q_m——补充水量(m^3/h);

Q_r——循环冷却水量(m^3/h);

Q_{sf}——旁滤水量(m^3/h);

Q_{si}——旁流处理水量(m^3/h);

Q_w——风吹损失水量(m^3/h);

RSI——稳定指数;

T_d——设计停留时间(h);

Δt——循环冷却水进、出冷却塔温差(℃);

V——系统水容积(m^3);

V_e——循环冷却水泵、换热器、其他水处理设施等设备中的水容积(m^3);

V_p——工艺生产设备内的水容积(m^3);

V_k——膨胀罐或水箱的水容积(m^3);

V_r——循环冷却水管道容积(m^3);

V_t——水池水容积(m^3)。

3 循环冷却水处理

3.1 一般规定

3.1.1 循环冷却水处理方案应根据全厂水平衡方案、盐平衡方案，并结合全厂水处理工艺综合技术经济比较确定。设计方案应包括下列内容：

1 补充水来源、水量、水质及其处理方案；

2 设计浓缩倍数、阻垢缓蚀、清洗预膜处理方案及控制条件；

3 系统排水处理方案；

4 旁流水处理方案；

5 微生物控制方案。

3.1.2 循环冷却水量应根据生产工艺的最大小时用水量确定。

3.1.3 补充水水质资料收集宜符合下列规定：

1 补充水为地表水，不宜少于一年的逐月水质全分析资料；

2 补充水为地下水，不宜少于一年的逐季水质全分析资料；

3 补充水为再生水，不宜少于一年的逐月水质全分析资料，包括再生水水源组成及其处理工艺等资料；

4 水质分析项目宜符合本规范附录A的要求，水质分析误差宜满足本规范附录B的规定。

3.1.4 补充水水质设计依据应采用水质分析数据平均值，并以最不利水质校核设备能力。

3.1.5 间冷开式系统循环冷却水换热设备的控制条件和指标应符合下列规定：

1 循环冷却水管程流速应大于1.0m/s；

2 循环冷却水壳程流速应大于0.3m/s；

3 设备传热面冷却水侧壁温不宜高于70℃，当被换热介质温

度高于 115℃时，宜采取热量回收措施后再使用循环冷却水冷却；

4 设备传热面水侧污垢热阻值不应大于 $3.44\times10^{-4}m^2\cdot K/W$；

5 设备传热面水侧黏附速率不应大于 $15mg/(cm^2\cdot 月)$，炼油行业不应大于 $20mg/(cm^2\cdot 月)$；

6 碳钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.075mm/a，铜合金和不锈钢设备传热面水侧腐蚀速率应小于 0.005mm/a。

3.1.6 闭式系统设备传热面水侧污垢热阻值应小于 $0.86\times10^{-4}m^2\cdot K/W$，腐蚀速率应符合本规范第 3.1.5 条第 6 款的规定。

3.1.7 间冷开式系统循环冷却水水质指标应根据补充水水质及换热设备的结构形式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀速率、被换热介质性质并结合水处理药剂配方等因素综合确定，并宜符合表 3.1.7 的规定。

表 3.1.7 间冷开式系统循环冷却水水质指标

项目	单位	要求或使用条件	许用值
浊度	NTU	根据生产工艺要求确定	≤20.0
		换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式	≤10.0
pH 值(25 ℃)	—	—	6.8～9.5
钙硬度＋全碱度（以 $CaCO_3$ 计）	mg/L	—	≤1100
		传热面水侧壁温大于 70℃	钙硬度小于 200
总 Fe	mg/L	—	≤2.0
Cu^{2+}	mg/L	—	≤0.1
Cl^-	mg/L	水走管程：碳钢、不锈钢换热设备	≤1000
		水走壳程：不锈钢换热设备 传热面水侧壁温小于或等于 70℃ 冷却水出水温度小于 45℃	≤700
$SO_4^{2-}+Cl^-$	mg/L	—	≤2500
硅酸（以 SiO_2 计）	mg/L	—	≤175
$Mg^{2+}\times SiO_2$（Mg^{2+} 以 $CaCO_3$ 计）	—	pH(25 ℃)≤8.5	≤50000

续表 3.1.7

项目	单位	要求或使用条件	许用值
游离氯	mg/L	循环回水总管处	0.1～1.0
NH_3-N	mg/L	—	≤10.0
		铜合金设备	≤1.0
石油类	mg/L	非炼油企业	≤5.0
		炼油企业	≤10.0
COD	mg/L	—	≤150

3.1.8 闭式系统循环冷却水水质指标应根据系统特性和用水设备的要求确定，并宜符合表 3.1.8 的规定。

表 3.1.8 闭式系统循环冷却水水质指标

适用对象	水质指标		
	项目	单位	许用值
钢铁厂闭式系统	总硬度	mg/L（以 $CaCO_3$ 计）	≤20.0
	总铁	mg/L	≤2.0
火力发电厂发电机铜导线内冷水系统	电导率(25℃)	μS/cm	≤2.0①
	pH 值(25℃)	—	7.0～9.0
	含铜量	μg/L	≤20.0②
	溶解氧	μg/L	≤30.0③
其他各行业闭式系统	总铁	mg/L	≤2.0

注：①火力发电厂双水内冷机组共用循环系统和转子独立冷却水系统的电导率不应大于 5.0μS/cm(25℃)。

②双水内冷机组内冷却水含铜量不应大于 40.0μg/L。

③仅对 pH<8.0 时进行控制。

④钢铁厂闭式系统的补充水宜为软化水，其余两系统宜为除盐水。

3.1.9 直冷系统循环冷却水水质指标应根据工艺要求并结合补充水水质、工况条件及药剂处理配方等因素综合确定，并宜符合表 3.1.9 的规定。

表 3.1.9 直冷系统循环冷却水水质指标

项目	单位	适用对象	许用值
pH 值(25 ℃)	—	高炉煤气清洗水	6.5～8.5
		合成氨厂造气洗涤水	7.5～8.5
		炼钢真空处理、轧钢、轧钢层流水、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水	7.0～9.0
		转炉煤气清洗水	9.0～12.0
悬浮物	mg/L	连铸二次冷却水及轧钢直接冷却水、挥发窑窑体表面清洗水	≤30
		炼钢真空处理冷却水	≤50
		高炉转炉煤气清洗水 合成氨厂造气洗涤水	≤100
碳酸盐硬度（以 $CaCO_3$ 计）	mg/L	转炉煤气清洗水	≤100
		合成氨厂造气洗涤水	≤200
		连铸二次冷却水	≤400
		炼钢真空处理、轧钢、轧钢层流水及轧钢除鳞给水	≤500
Cl^-	mg/L	轧钢层流水	≤300
		轧钢、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水、挥发窑窑体表面清洗水	≤500
油类	mg/L	轧钢层流水	≤5
		轧钢、轧钢除鳞给水及连铸二次冷却水	≤10

3.1.10 间冷开式系统与直冷系统的钙硬度与全碱度之和大于1100mg/L(以 $CaCO_3$ 计)或稳定指数 *RSI* 小于 3.3 时，应加硫酸或进行软化处理。

3.1.11 间冷开式系统的设计浓缩倍数不宜小于 5.0，且不应小于 3.0；直冷开式系统的设计浓缩倍数不应小于 3.0。浓缩倍数可按下式计算：

$$N = \frac{Q_m}{Q_b + Q_w} \tag{3.1.11}$$

式中：N——浓缩倍数；

Q_m——补充水量(m^3/h)；

Q_b——排污水量(m^3/h)；

Q_w——风吹损失水量(m^3/h)。

3.1.12 间冷开式系统的微生物控制指标宜符合下列规定：

1 异养菌总数不宜大于1×10^5CFU/mL；

2 生物黏泥量不宜大于3mL/m^3。

3.2 系统设计

3.2.1 开式系统循环冷却水的设计停留时间不应超过药剂的允许停留时间。设计停留时间可按下式计算：

$$T_d=\frac{V}{Q_b+Q_w} \tag{3.2.1}$$

式中：T_d——设计停留时间(h)；

V——系统水容积(m^3)。

3.2.2 间冷开式系统水容积宜小于循环冷却水量的1/3，系统水容积可按下式计算：

$$V=V_e+V_r+V_t \tag{3.2.2}$$

式中：V_e——循环冷却水泵、换热器、其他水处理设备中的水容积(m^3)；

V_r——循环冷却水管道容积(m^3)；

V_t——水池水容积(m^3)。

3.2.3 闭式系统水容积可按下式计算：

$$V=V_p+V_e+V_r+V_k \tag{3.2.3}$$

式中：V_p——工艺生产设备内的水容积(m^3)；

V_k——膨胀罐或水箱的水容积(m^3)。

3.2.4 循环冷却水不应挪作他用。

3.2.5 循环水场的布置宜避开工厂的下风向，并宜远离主干道及煤场、锅炉、高炉等污染源，冷却塔周围地面应铺砌或植被。

3.2.6 间冷开式系统管道设计应符合下列规定：

1 循环冷却水回水管应设接至冷却塔水池的旁路管，设计能力应满足系统清洗预膜要求。

2 换热设备循环冷却水接管应设旁路管或旁路管接口。

3 循环冷却水系统的补充水管径、水池排净水管径应根据排净、清洗、预膜置换时间要求确定，置换时间不宜大于8h。当补充水管设有计量仪表时，应设系统开车时大流量补水的旁路管。

4 管道系统的低点应设置泄水阀，高点应设置排气阀。

5 当补充水有腐蚀倾向时，其输水管道应采用耐腐蚀材料。

3.2.7 闭式系统管道设计应符合下列规定：

1 循环冷却水给水总管和换热设备的给水管宜设置管道过滤器；

2 管道系统的低点应设置泄水阀，高点应设置排气阀；

3 当补充水有腐蚀倾向时，其输水管道应采用耐腐蚀材料。

3.2.8 冷却塔集水池和循环水泵吸水池应设置便于排除或清除淤泥的设施；冷却塔水池出水口或循环冷却水泵吸水池前应设置便于清洗的拦污滤网，拦污滤网宜设置两道。

3.3 阻垢缓蚀处理

3.3.1 循环冷却水的阻垢缓蚀处理药剂配方宜经动态模拟试验和技术经济比较确定，或根据水质和工况条件相类似的工厂运行经验确定。动态模拟试验应结合下列因素进行：

1 补充水水质；

2 污垢热阻值；

3 黏附速率；

4 腐蚀速率；

5 浓缩倍数；

6 换热设备材质；

7 换热设备传热面的冷却水侧壁温；

8 换热设备内水流速；

9 循环冷却水温度；

10 药剂的稳定性及对环境的影响。

3.3.2 阻垢缓蚀药剂应选择高效、低毒、化学稳定性及复配性能良好的环境友好型水处理药剂。当采用含锌盐药剂配方时，循环冷却水中的锌盐含量应小于2.0mg/L(以Zn^{2+}计)。阻垢缓蚀药剂配方宜采用无磷药剂。

3.3.3 循环冷却水系统中有铜合金换热设备时，水处理药剂配方应有铜缓蚀剂。

3.3.4 闭式系统设置有旁流混合阴阳离子交换器时，不应添加对树脂再生有影响的水处理药剂。

3.3.5 循环冷却水系统阻垢缓蚀剂的首次加药量可按下式计算：

$$G_f = \frac{v \cdot g}{1000} \tag{3.3.5}$$

式中：G_f——首次加药量(kg)；

g——每升循环冷却水加药量(mg/L)。

3.3.6 循环冷却水系统运行时，阻垢缓蚀剂加药量计算应符合下列规定：

1 间冷开式和直冷系统可按下式计算：

$$G_r = \frac{(Q_b + Q_w) \cdot g}{1000} \tag{3.3.6-1}$$

式中：G_r——系统运行时加药量(kg/h)。

2 闭式系统可按下式计算：

$$G_r = \frac{Q_m \cdot g}{1000} \tag{3.3.6-2}$$

3.3.7 循环冷却水采用硫酸处理时，硫酸投加量可按下式计算：

$$A_c = \frac{(M_m - M_r/N) \cdot Q_m}{1000} \tag{3.3.7}$$

式中：A_c——硫酸投加量(kg/h，纯度为98%)；

M_m——补充水碱度(mg/L，以$CaCO_3$计)；

M_r——循环冷却水控制碱度(mg/L，以$CaCO_3$计)，可按本

规范附录C确定。

3.3.8 开式循环冷却水处理宜加酸或加碱调节pH值，并宜投加阻垢缓蚀剂。

3.4 沉淀、过滤处理

3.4.1 直冷系统沉淀、过滤处理工艺应根据循环冷却水给水及回水水质，经技术经济比较确定，并宜选用表3.4.1中的基本工艺。

表3.4.1 沉淀、过滤处理基本工艺

基本工艺	适用对象
平流式沉淀池	合成氨厂造气洗涤水处理等
斜板沉淀器或中速过滤器	炼钢真空精炼装置冷却水及挥发窑窑体表面清洗水处理等
辐射沉淀池或斜板沉淀器	高炉煤气清洗水及挥发窑窑体表面清洗水处理等
粗颗粒分离机—辐射沉淀池或斜板沉淀器	转炉煤气清洗水处理等
一次平流沉淀池或旋流沉淀池—化学除油沉淀器	中小型轧钢装置直接冷却循环冷却水处理等
一次平流沉淀池或旋流沉淀池—二次平流沉淀池或化学除油沉淀器—高速过滤器	连铸二次冷却及轧钢装置直接冷却循环水处理等

3.4.2 对不吹氧的炼钢真空精炼装置和轧钢层流等直冷系统，其沉淀、过滤处理水量应根据工艺要求确定，宜为循环水量的30％～50％。

3.4.3 直冷系统循环冷却水的混凝沉淀处理，混凝剂配方应根据试验或现场实际情况确定。

3.5 微生物控制

3.5.1 开式循环冷却水微生物控制宜以氧化型杀生剂为主，非氧化型杀生剂为辅，杀生剂的品种应进行技术经济比较确定。

3.5.2 开式系统的氧化型杀生剂宜采用次氯酸钠、液氯、有机氯、无机溴化物等，投加方式及投加量宜符合下列规定：

1 次氯酸钠或液氯宜采用连续投加，也可采用冲击投加。连续投加时，宜控制循环冷却水中余氯为 0.1mg/L～0.5mg/L；冲击投加时，宜每天投加 1 次～3 次，每次投加时间宜控制水中余氯 0.5mg/L～1.0mg/L，保持 2h～3h；

2 无机溴化物宜经现场活化后连续投加，循环冷却水的余溴浓度宜为 0.2mg/L～0.5mg/L（以 Br_2 计）。

3.5.3 非氧化型杀生剂宜选用高效、低毒、广谱、pH 值适用范围宽、与阻垢剂和缓蚀剂不相互干扰、易于降解、使生物黏泥易于剥离等性能。非氧化型杀生剂宜选择多种交替使用。

3.5.4 闭式系统宜定期投加非氧化型杀生剂。

3.5.5 炼钢真空处理和高炉、转炉煤气清洗的直冷循环冷却水可不投加杀生剂。

3.5.6 氧化型杀生剂连续投加时，加药设备能力应满足冲击加药量的要求，加药量可按下式计算：

$$G_o = \frac{Q_r \cdot g_o}{1000} \quad (3.5.6)$$

式中：G_o——氧化型杀生剂加药量(kg/h)；

g_o——每升循环冷却水氧化型杀生剂加药量(mg/L)，卤素杀生剂连续投加宜取 0.2mg/L～0.5mg/L，冲击投加宜取 2mg/L～4mg/L，以有效氯计。

3.5.7 非氧化型杀生剂宜根据微生物监测数据不定期投加。

3.6 清洗和预膜

3.6.1 间冷开式系统开车前应进行清洗和预膜处理，清洗和预膜程序宜按人工清扫、水清洗、化学清洗、预膜处理顺序进行；闭式和直冷系统的清洗和预膜可根据工程具体条件确定。

3.6.2 人工清扫范围应包括冷却塔水池、吸水池和首次开车时管

径大于或等于 800mm 的管道等。

3.6.3 水清洗应符合下列规定：

1 管道内的清洗流速不应低于 1.5m/s；

2 首次开车清洗水应从换热设备的旁路管通过。

3.6.4 化学清洗应符合下列规定：

1 清洗剂和清洗方式宜根据换热设备传热表面污垢锈蚀情况选择；

2 化学清洗后应立即进行预膜处理。

3.6.5 预膜剂配方和预膜操作条件应根据换热设备的材质、水质、温度等因素由试验或相似条件的运行经验确定。

3.6.6 间冷开式循环冷却水系统清洗、预膜水应通过旁路管直接回到冷却塔水池。

3.6.7 当一个循环冷却水系统向两个及以上生产装置给水时，清洗、预膜应根据不同步开车的情况采取处理措施。

4 旁流水处理

4.0.1 循环冷却水处理设计中有下列情况之一时，应设置旁流水处理设施：

1 循环冷却水在循环过程中受到污染，不能满足循环冷却水水质标准的要求；

2 经过技术经济比较，需要采用旁流水处理以提高设计浓缩倍数。

4.0.2 旁流水处理设计方案应根据循环冷却水水质标准，结合去除的杂质种类、数量等因素综合比较确定。

4.0.3 当采用旁流水处理去除碱度、硬度、油、某种离子或其他杂质时，其旁流水量应根据浓缩或污染后的水质成分、循环冷却水水质标准和旁流处理后的水质要求等，按下式计算确定：

$$Q_{si}=\frac{Q_m\cdot C_{mi}-(Q_b+Q_w)C_{ri}}{C_{ri}-C_{si}} \tag{4.0.3}$$

式中：Q_{si}——旁流处理水量(m^3/h)；

C_{mi}——补充水某项成分含量(mg/L)；

C_{ri}——循环冷却水某项成分含量(mg/L)；

C_{si}——旁流处理后水的某项成分含量(mg/L)。

4.0.4 间冷开式系统旁滤处理应符合下列规定：

1 间冷开式系统宜设有旁滤处理设施，小型或间断运行的循环冷却水系统视具体情况确定。

2 间冷开式系统旁滤水量可按下式计算：

$$Q_{sf}=\frac{Q_m\cdot C_{ms}+K_s\cdot A\cdot C-(Q_b+Q_w)\cdot C_{rs}}{C_{rs}-C_{ss}} \tag{4.0.4}$$

式中：Q_{sf}——旁滤水量(m^3/h)；

C_{ms}——补充水悬浮物含量(mg/L);

C_{rs}——循环冷却水悬浮物含量(mg/L);

C_{ss}——滤后水悬浮物含量(mg/L);

A——冷却塔空气流量(m^3/h);

C——空气含尘量(g/m^3);

K_s——悬浮物沉降系数,可通过试验确定。当无资料时可选用0.2。

3 当缺乏空气含尘量等数据时,间冷开式系统旁滤水量宜为循环水量的1%~5%,对于多沙尘地区或空气灰尘指数偏高地区可适当提高。

4 间冷开式系统的旁流水过滤处理设施宜采用砂、多介质等介质过滤器。

5 旁流过滤器出水浊度应小于3.0NTU。

5 补充水处理

5.0.1 开式及闭式系统补充水处理设计方案应根据补充水量、补充水水质、循环冷却水的水质指标、设计浓缩倍数等因素，并结合旁流处理和全厂给水处理工艺经技术经济比较确定。设计方案应包括下列内容：

1 补充水处理水量及处理后的水质指标；

2 工艺流程、平面布置、设备选型并进行技术经济比较；

3 水、电、汽、药剂等消耗量及经济指标。

5.0.2 间冷开式系统补充水宜优先采用再生水，直冷系统补充水宜优先采用间冷开式系统排污水及再生水。

5.0.3 当补充水为高硬度、高碱度水质时，宜采用石灰或弱酸树脂软化等处理方法。

5.0.4 直冷系统补充水为新鲜水与间冷开式系统排污水的混合水时，应根据直冷循环冷却水水质指标、间冷开式系统的浓缩倍数及排污水水质、新鲜水水质等因素，确定水处理方案及补充水最佳混合比例。

5.0.5 间冷开式系统补充水为新鲜水与再生水的混合水时，应按最差水质确定补充水处理方案及补充水最佳混合比例。

5.0.6 开式系统的补充水量可按下列公式计算：

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w \tag{5.0.6-1}$$

$$Q_m = \frac{Q_e \cdot N}{N-1} \tag{5.0.6-2}$$

$$Q_e = k \cdot \Delta t \cdot Q_r \tag{5.0.6-3}$$

式中：Q_e——蒸发水量(m^3/h)；

Q_r——循环冷却水量(m^3/h)；

Δt——循环冷却水进、出冷却塔温差(℃)；

k——蒸发损失系数(1/℃)，按表5.0.6取值，气温为中间值时采用内插法计算。

表5.0.6 蒸发损失系数 k

进塔大气温度(℃)	−10	0	10	20	30	40
k(1/℃)	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

注：表中进塔大气温度指冷却塔设计干球温度。

5.0.7 闭式系统的补充水量不宜大于循环水量的1.0‰。

5.0.8 闭式系统的补充水系统设计流量宜为循环水量的0.5%～1.0%。

6 再生水处理

6.1 一般规定

6.1.1 再生水水源应包括工业及城镇污水处理厂的排水、矿井排水、间冷开式系统的排污水等。

6.1.2 再生水水源的选择应经技术经济比较确定，再生水的设计水质应根据收集区域现有水质和预期水质变化情况确定。

6.1.3 再生水直接作为间冷开式系统补充水时，水质指标宜符合表6.1.3的规定或根据试验和类似工程的运行数据确定。

表6.1.3 再生水用于间冷开式循环冷却水系统补充水的水质指标

序号	项　目	单位	水质控制指标
1	pH值(25℃)	—	6.0～9.0
2	悬浮物	mg/L	≤10.0
3	浊度	NTU	≤5.0
4	BOD_5	mg/L	≤10.0
5	COD	mg/L	≤60.0
6	铁	mg/L	≤0.5
7	锰	mg/L	≤0.2
8	Cl^-	mg/L	≤250
9	钙硬度(以$CaCO_3$计)	mg/L	≤250
10	全碱度(以$CaCO_3$计)	mg/L	≤200
11	NH_3-N	mg/L	≤5.0(换热器为铜合金换热器时，≤1.0)
12	总磷(以P计)	mg/L	≤1.0
13	溶解性总固体	mg/L	≤1000
14	游离氯	mg/L	补水管道末端0.1～0.2
15	石油类	mg/L	≤5.0
16	细菌总数	CFU/mL	<1000

6.1.4　再生水水源可靠性不能保证时，应有备用水源。

6.1.5　再生水作为补充水时，循环冷却水的浓缩倍数应根据再生水水质、循环冷却水水质控制指标、药剂处理配方和换热设备材质等因素，通过试验或参考类似工程的运行经验确定。

6.1.6　再生水输配管网必须采用独立系统，严禁与生活用水管道连接，并应设置水质、水量监测设施。

6.2　处理工艺

6.2.1　再生水处理工艺的选择应结合全厂水处理工艺，根据再生水的水质及补充水量、循环冷却水水质指标、浓缩倍数和换热设备的材质、结构形式等条件，进行技术经济比较，并借鉴类似工程的运行经验或试验确定。

6.2.2　再生水处理系统的进水水质应符合现行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918 中的二级标准或现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 中的一级标准。

6.2.3　再生水处理系统的进水为城镇污水处理厂出水时，宜设置再生水调节池，并宜在池内加杀生剂。

6.2.4　再生水处理宜选用下列基本工艺：

1　过滤；

2　混凝—澄清；

3　生物滤池；

4　膜生物反应器(MBR)处理；

5　超滤或微滤；

6　反渗透/电渗析除盐。

6.2.5　再生水处理工艺宜设置杀生系统。

6.2.6　间冷开式系统排污水回用时，循环水处理药剂宜采用无磷药剂。

6.2.7　对于暂时硬度低于 100mg/L（以 $CaCO_3$ 计）的再生水水源，不宜采用石灰处理工艺。

6.2.8 采用石灰处理时，石灰药剂宜用消石灰粉。

6.2.9 采用超（微）滤处理工艺时应选择耐氧化型的材质，采用反渗透处理工艺时应选用抗污染复合膜。

7 排水处理

7.0.1 开式系统排水应包括系统排污水、排泥、清洗和预膜的排水、旁流水处理及补充水处理过程中的排水等。

7.0.2 排水处理方案应根据综合利用原则和环保要求，并结合全厂污水处理设施，进行经济技术比较确定。设计方案应包括下列内容：

1 处理水量、水质、排放地点及水质排放指标；

2 处理工艺、设备选型、平面布置；

3 水、电、汽、药剂等消耗量及经济指标；

4 排水处理过程中产生的污水、污泥的处置方案。

7.0.3 开式系统的排污水量可按下列公式计算：

$$Q_b = \frac{Q_e}{N-1} - Q_w \tag{7.0.3-1}$$

$$Q_b = Q_{b1} + Q_{b2} \tag{7.0.3-2}$$

式中：Q_{b1}——强制排污水量(m^3/h)；

Q_{b2}——循环冷却水处理过程中损失水量，即自然排污水量(m^3/h)。直冷系统的 $Q_w + Q_{b2}$ 宜为 $(0.004 \sim 0.008)Q_r$。

7.0.4 排水处理设施的设计能力应按正常排放量确定，对于系统检修时的排水、清洗和预膜排水、旁流处理排水等超标间断排水，应结合全厂排水设施设置调节池。

7.0.5 排水采用生物处理时，宜结合全厂的生物处理设施统一设置。

7.0.6 闭式系统因试车、停车或紧急情况排出含有高浓度药剂的循环冷却水时，应设置贮存设施或结合全厂事故系统统一设置。

8 药剂贮存和投加

8.1 一般规定

8.1.1 循环冷却水系统的水处理药剂宜在化学品仓库贮存，并应在循环冷却水装置区内设药剂贮存间。药剂中属于危险化学品的贮存必须按危险化学品管理。

8.1.2 药剂的贮存量宜根据药剂的消耗量、供应情况和运输条件等因素确定，或按下列规定计算：

1 全厂仓库中贮存的药剂量宜按15d～30d消耗量计算；

2 药剂贮存间贮存的药剂量宜按7d～15d消耗量计算；

3 酸、碱液贮罐的容积宜按10d～15d消耗量并结合运输条件确定；

4 NaClO的贮存量宜按7d消耗量确定。

8.1.3 药剂堆放高度宜符合下列规定：

1 袋装药剂宜为1.5m～2.0m；

2 桶装药剂宜为0.8m～1.2m，且不宜高于2层；

3 散装药剂宜为1.0m～1.5m。

8.1.4 药剂贮存(堆放)区的地平标高宜高出同一室内地平标高100mm～200mm。

8.1.5 药剂贮存间宜与加药间相互毗连，并宜设运输设备。

8.1.6 药剂的贮存、配置、投加设施、计量仪表和输送管道等，应根据药剂性质采取相应的防腐、防潮、保温和清洗措施。

8.1.7 药剂贮存间、加药间、加氯间、酸液贮罐、碱液贮罐、加酸、加碱设施等的生产安全防护设施应根据药剂性质及贮存、使用条件确定。

8.1.8 废酸、废碱管理应按《国家危险废物名录》执行。

8.1.9　加药间、药剂贮存间、酸、碱贮罐附近必须设置安全洗眼淋浴器等防护设施。

8.1.10　各药剂投加点之间应保持一定的距离。

8.1.11　酸、碱输送管道不应直接埋地敷设。当架空敷设管道位于人行通道上方时，宜设置防护设施。

8.1.12　加药间和药剂贮存间应设通风系统。

8.2　酸、碱贮存及投加

8.2.1　酸、碱液贮存应符合下列规定：

1　酸、碱液的装卸应采用泵输送或重力自流，严禁采用压缩空气压送。

2　酸、碱液贮罐应设安全围堰，围堰的容积应能容纳1.1倍最大贮罐的容积，围堰内必须做防腐处理并应设集液坑。

3　浓硫酸贮罐应设防护型液位计和排气口，排气口应设置除湿器，碱液贮罐排气口宜设置二氧化碳吸收器。

4　碱液应有防止低温凝固的措施。

8.2.2　当采用计量泵输送酸、碱时，连续运行的计量泵宜设备用。

8.2.3　浓硫酸、碱液宜投加在水池最高水位以上，且易于水流扩散处。

8.2.4　采用浓硫酸、碱液调节循环冷却水的pH值时，宜直接投加。

8.2.5　硫酸使用时应设置防泄漏飞溅保护设施，控制箱设在防护区外侧。

8.3　阻垢缓蚀药剂投加

8.3.1　液体药剂宜直接投加。

8.3.2　药剂溶液的计量宜采用计量泵或转子流量计，连续运行的计量泵宜设备用。

8.3.3　药剂宜投加在冷却塔水池出口或吸水池中，且宜深入正常运行水位下0.4m处。

8.4 杀生剂贮存及投加

8.4.1 氧化型和非氧化型杀生剂应贮存在避光、通风、防潮、防腐的贮存间内。

8.4.2 液体制剂可采用重力投加或计量泵投加，连续运行的计量泵宜设备用；固体制剂宜经过溶解槽溶解成液体后投加。

8.4.3 次氯酸钠应设安全围堰，围堰的容积应能容纳1.1倍最大贮罐的容积，围堰内应做防腐处理并应设集液坑。

8.4.4 液氯的贮存及投加必须符合下列规定：

1 液氯瓶应贮存在氯瓶间内，氯瓶间和加氯间的设计必须按现行国家标准《氯气安全规程》GB 11984和《室外给水设计规范》GB 50013的规定配置安全防护设施，并必须符合下列规定：

1)氯瓶间必须设置“双制动”起吊设备及运输设备，严禁使用叉车装卸。

2)室内电气设备及灯具必须采用密闭、防腐类型产品。

2 加氯机的总容量和台数应按最大小时加氯量确定，满足冲击式投加的需要，并应设备用机，备用能力不应小于最大1台工作加氯机的加氯量。

8.4.5 氧化型杀生剂宜投加在冷却塔集水池出口的对面和远端的池壁内并多点布置，液氯投加点宜在正常水位下2/3水深处，次氯酸钠的投加点宜在最高水位以上。

9 监测、控制和检测

9.0.1 循环冷却水系统监测与控制宜符合下列规定：

1 pH 值在线监测与加酸/加碱量宜联锁控制；

2 电导率在线监测与排污水量宜联锁控制；

3 ORP(氧化还原电位)或余氯在线监测与氧化型杀生剂投加量宜联锁控制；

4 阻垢缓蚀剂浓度在线监测与阻垢缓蚀剂投加量宜联锁控制。

9.0.2 循环冷却水系统监测仪表设置应符合下列规定：

1 循环给水总管应设置流量、温度、压力仪表；

2 循环回水总管应设置流量、温度、压力仪表；

3 补充水管、排污水管、旁流水管应设置流量仪表；

4 间冷系统换热设备对腐蚀速率和污垢热阻值有严格要求时，在换热设备的进水管上应设置流量、温度和压力仪表，在出水管上应设置温度、压力仪表。

9.0.3 间冷开式系统给水总管上宜设模拟监测换热器，在回水总管上宜设监测试片架和生物黏泥测定器。

9.0.4 钢铁厂直冷水腐蚀检测宜采用监测试片。

9.0.5 循环冷却水系统宜在下列管道上设置取样管：

1 循环给水总管；

2 循环回水总管；

3 补充水管；

4 旁流处理出水管；

5 间冷开式或间冷闭式系统换热设备进、出水管。

9.0.6 循环冷却水泵吸水池和冷却塔水池应设置液位计，且泵吸

水池液位计宜与补充水控制阀联锁并宜设高低液位报警。

9.0.7 化验室的设置应根据循环冷却水系统的水质检测要求确定，宜利用全厂中央化验室进行。

9.0.8 循环冷却水的常规检测项目应根据补充水水质和循环冷却水水质要求确定，宜符合表 9.0.8 的规定。

表 9.0.8 常规检测项目

序号	项目	间冷开式系统	间冷闭式系统	直冷系统
1	pH 值(25°)	每天1次	每天1次	每天1次
2	电导率	每天1次	每天1次	可抽检
3	浊度	每天1次	每天1次	每天1次
4	悬浮物	每月1次～2次	不检测	每天1次
5	总硬度	每天1次	每天1次或抽检	每天1次
6	钙硬度	每天1次	每天1次或抽检	每天1次
7	全碱度	每天1次	每天1次或抽检	每天1次
8	氯离子	每天1次	每天1次或抽检	每天1次或抽检
9	总铁	每天1次	每天1次	不检测
10	异养菌总数	每周1次	每周1次	不检测
11	铜离子①	每周1次	抽检	不检测
12	油含量②	可抽检	不检测	每天1次
13	药剂浓度	每天1次	每天1次	不检测
14	游离氯	每天1次	视药剂而定	可不测
15	NH_3-N③	每周1次	抽检	不检测
16	COD④	每周1次	不检测	不检测

注：①铜离子检测仅对含有铜材质的循环冷却水系统。

②油含量检测仅对炼钢轧钢装置的直冷系统；对炼油装置的间冷开式系统每天1次。

③NH_3-N 检测仅对有氨泄漏可能和使用再生水作为补充水的循环冷却水系统。

④COD 对炼钢轧钢装置的直冷系统为抽检，对炼油装置的间冷开式系统每天1次。

9.0.9 循环冷却水非常规检测项目宜符合表 9.0.9 的规定。

表 9.0.9 非常规检测项目

项目	间冷开式和闭式系统		直冷系统		检测方法
	检测时间	检测点	检测时间	检测点	
腐蚀率	月、季、年或在线	—	—	可不测	挂片法
污垢沉积量	大检修	典型设备	大检修	设备/管线	检测换热器检测管
生物黏泥量	故障诊断	—	—	可不测	生物滤网法
垢层或腐蚀产物成分	大检修	典型设备	大检修	设备/管线	化学/仪器分析

9.0.10 补充水和循环冷却水的水质全分析宜每月 1 次。

9.0.11 当补充水为再生水时，根据再生水的水源及处理工艺，对特定水质指标宜每周进行水质分析。

附录A 水质分析项目表

表A 水质分析项目表

水样(水源名称)：　　　　　　　　外观：

取样地点：　　　　　　　　　　　水温：　　℃

取样日期：

分析项目	单位	数值	分析项目	单位	数值
K^+	mg/L		PO_4^{3-}	mg/L	
Na^+	mg/L		pH值(25°)	—	
Ca^{2+}	mg/L		悬浮物	mg/L	
Mg^{2+}	mg/L		浊度	NTU	
Cu^{2+}	mg/L		溶解氧	mg/L	
$Fe^{2+}+Fe^{3+}$	mg/L		游离CO_2	mg/L	
Mn^{2+}	mg/L		氨氮(以N计)	mg/L	
Al^{3+}	mg/L		石油类	mg/L	
NH_4^+	mg/L		溶解固体	mg/L	
SO_4^{2-}	mg/L		COD	mg/L	
CO_3^{2-}	mg/L		总硬度(以$CaCO_3$计)	mg/L	
HCO_3^-	mg/L		总碱度(以$CaCO_3$计)	mg/L	
OH^-	mg/L		碳酸盐硬度(以$CaCO_3$计)	mg/L	
Cl^-	mg/L		全硅(以SiO_2计)	mg/L	
NO_2^-	mg/L		总磷(以P计)	mg/L	
NO_3^-	mg/L				

注：再生水作为补充水时，需增加BOD_5项目。

附录B　水质分析数据校核

B.0.1　分析误差 $|\delta|\leqslant 2\%$，δ 按下式计算：

$$\delta=\frac{\sum(C\cdot n_c)-\sum(A\cdot n_a)}{\sum(C\cdot n_c)+\sum(A\cdot n_a)}\times 100\% \qquad (B.0.1)$$

式中：C ——阳离子毫摩尔浓度(mmol/L)；

A ——阴离子毫摩尔浓度(mmol/L)；

n_c ——阳离子电荷数；

n_a ——阴离子电荷数。

B.0.2　pH 值实测误差 $|\delta_{pH}|\leqslant 0.2$，$\delta_{pH}$ 按下式计算：

$$\delta_{pH}=pH-pH' \qquad (B.0.2\text{-}1)$$

式中：pH——实测 pH 值；

pH′——计算 pH 值。

对于 pH<8.3 的水质，pH′按下式计算：

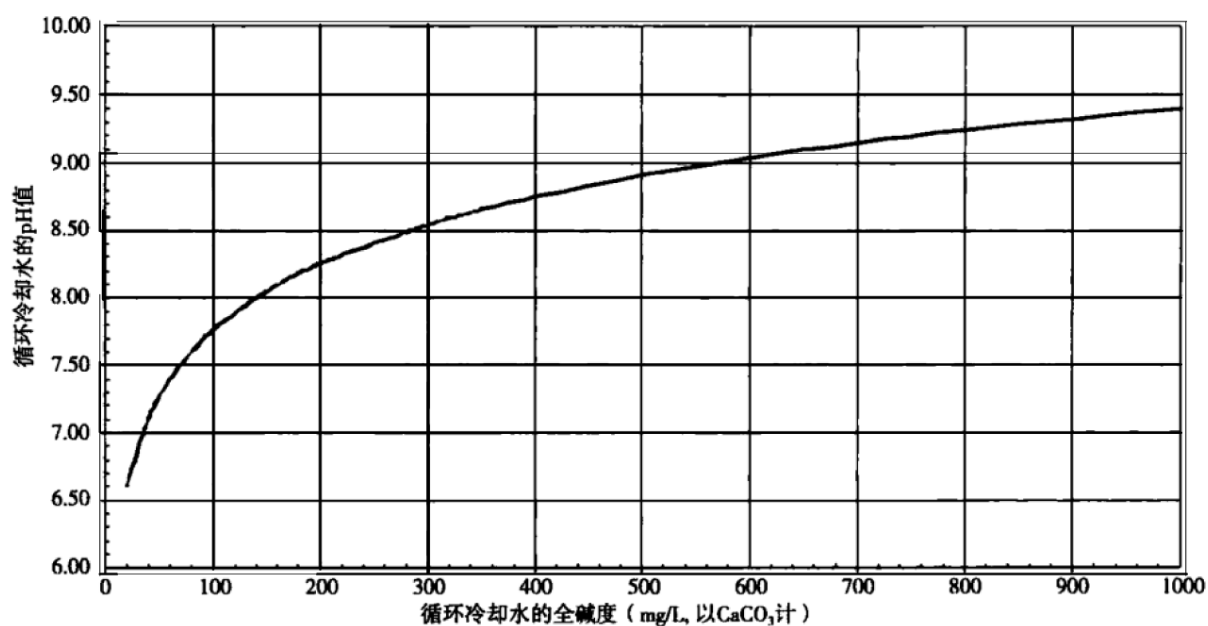
$$pH'=6.35+\lg[HCO_3^-]-\lg[CO_2] \qquad (B.0.2\text{-}2)$$

式中：6.35——在 25℃ 水溶液中 H_2CO_3 的一级电离常数的负对数；

$[HCO_3^-]$——实测 HCO_3^- 的毫摩尔浓度(mmol/L)；

$[CO_2]$——实测 CO_2 的毫摩尔浓度(mmol/L)。

附录C 循环冷却水的pH值与全碱度变化曲线图



图C 循环冷却水的pH与全碱度变化曲线图

本规范用词说明

1　为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2　条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《室外给水设计规范》GB 50013

《污水综合排放标准》GB 8978

《氯气安全规程》GB 11984

《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918

中华人民共和国国家标准

工业循环冷却水处理设计规范

GB/T 50050 - 2017

条 文 说 明

编 制 说 明

《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050—2017，经住房和城乡建设部2017年5月27日以第1576号公告批准发布。

本规范是在《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050—2007的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国寰球工程公司，参编单位是中冶京诚工程技术有限公司、北京国电华北电力工程有限公司、中国昆仑工程公司、纳尔科工业服务（苏州）有限公司，主要起草人员是薛树森、孙继涛、包义华、战科、韩寒、苏雷、魏安仁、马学文、宋奕、丁贵智、黄安炫、杨力、陈英祖。本次修订的主要技术内容是：术语、符号、间冷（开式和闭式）和直冷循环冷却水水质指标、旁滤器形式、再生水水质指标和药剂投加方式。

本规范修订过程中，修订组进行了大量的调查研究，总结了我国工业循环冷却水系统领域的实践经验，同时认真研究借鉴发达国家经验，开展了技术研究和试验，广泛征求了有关设计、生产、建设、科研等单位的意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《工业循环冷却水处理设计规范》修订组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

本规范历次版本发布情况为：《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050—2007，《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050—95，《工业循环冷却水处理设计规范》GBJ 50—83。

目　　次

1 总　　则

1.0.1 本条阐明了编制本规范的宗旨以及为其实现而执行的技术经济原则。

众所周知，我国是一个严重缺水的国家，随着我国经济实力的崛起，水资源短缺这一现实也日益凸显，它不仅将制约国家经济建设的可持续发展，甚至威胁到人们的生存。为了缓解这一矛盾，国家制订了一系列合理利用水资源的政策和法规，核心是开源节流、科学用水。工业领域是用水大户，随着经济建设发展，从 1980 年到 2012 年，工业用水量占全国用水量的比例由 9.1% 提高到 23.18%，而且还将继续增长，因此工业领域的节水事关国家经济建设的全局。

在工业用水中冷却水占 70%～80%，节约冷却水是工业节水的关键，循环用水则是节约冷却水的最有效措施。以干球温度 40℃为基准和每小时 10000m^3 的冷却水为例，由直流改为循环冷却水，若浓缩倍数为 3，每小时只需用水 240m^3 即可满足要求；如果浓缩倍数提高到 5，则每小时只需用水 200m^3。由此可见，采用循环冷却水的巨大节水成效。但是循环冷却水在运行过程中不可避免地对换热设备产生一系列的危害，如水垢、污垢的沉积、腐蚀的加剧、菌藻的滋生等，如不进行有效治理，循环冷却水系统则很难正常运行。因此本规范就是为控制这些危害以确保生产装置的换热效率和使用寿命而制定的，从而促进和推动循环冷却水的利用，达到大量节水的目的。

循环冷却水的利用固然节约了大量新鲜用水，但是从另一方面看，大量使用循环冷却水则反映了生产工艺的热能利用效率较差，大量的热能被白白地散发到大气中，因此改进生产工艺提高热

能利用率，不仅是节能而且也是节水的根本途径。

工业循环冷却水处理技术的应用不仅节约了用水，而且也取得了巨大的经济效益，例如某化工厂原来用作循环冷却水的补充水是未经处理的深井水，每小时的循环水量为9560t。由于井水硬度、碱度高，每运行50h后，有50%的碳酸盐在设备、管道内沉积下来，严重影响了换热效率。据统计，空分透平压缩机冷却器在运转3个月后，结垢厚20mm，打气量减少20%。该厂不少换热设备在运转3个月后必须停车酸洗一次，不但影响生产，而且浪费人力、物力。为了防止设备管道内产生结垢，该厂在循环冷却水中直接加入六偏磷酸钠、EDTMP和T－801水质稳定剂之后，机器连续3年运转正常。虽然每年需要增加药剂费用2万元，但经济效益综合评价还是合算的。又如某石油化工厂，常减压车间设备腐蚀与结垢现象十分严重，$\phi57\times3.5$碳钢排管平均使用16个～20个月就出现严重泄漏，水浸式列管换热器投入使用后3d～5d就开始结垢，3个月后，垢厚达15mm～40mm。经投加聚磷酸盐＋磷酸盐＋聚合物的复合药剂和杀菌剂进行处理，对腐蚀、结垢、菌藻的控制均取得了良好的效果。每年可节约停车检修费用约60万元，延长生产周期增产的利润约70万元，节约设备更新费用约4.7万元。现将该厂水质处理前后的冷却设备更新情况列于表1。

表1　某石油化工厂冷却设备更新情况统计表(台)

水质情况 / 年份 / 更换台数 / 装置	水质未加处理			水质经过处理		
	1971	1972	1973	1974	1975	1976
一套常减压	4	5	—	—	—	—
二套常减压	12	10	7	—	7	3
热裂化	2	8	1	2	3	1

根据化肥厂、化工厂、冶金厂、发电厂等200家的统计，采用了循环冷却水处理技术既保证生产的稳定运行又节约了52亿m^3/a

的水量。由此推算，全国采用此项技术所带来的节水成果和经济效益是非常可观的。

本规范是根据国内外一些先进技术并结合国内的生产运行实践经验，制定出关于循环冷却水处理设计的一系列技术规定，同时条文也体现了国家对水资源的有关法规和政策。

过去人们对污水造成环境污染的认识还是比较充分的，但是对循环冷却水造成的环境污染却有所忽视，特别是对间断性的污染更加轻视，如清洗、预膜、投加非氧化性杀菌剂等排水，基本上是未经任何处理直接排放，所造成的污染后果对比污水虽有所减轻，但鉴于循环冷却水装置遍地皆是，其危害也是很严重的。本次修订对循环冷却水所造成的环境污染做了一些强制规定，我国环境污染已非常严重，不严控将无法扭转环境日益恶化的严重局面。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围，不仅适用于间接冷却循环冷却水处理设计，也适用于直接冷却循环冷却水处理设计，主要是冶金行业的直冷循环冷却水系统（其他行业也适用）。

1.0.3 本条提出循环冷却水处理设计的原则和要求，提出在设计上采用新技术（包括新工艺、新药剂、新设备、新材料等方面）的原则要求。安全生产、保护环境、节约能源、节约用水是在工业循环冷却水处理设计中需要贯彻的国家技术方针政策的几个重要方面。

我国循环冷却处理技术的发展，大体上形成了两个阶段：从单纯防止碳酸钙结垢阶段到控制污垢、腐蚀和菌藻的综合处理阶段。到目前为止，积累了比较成熟的使用经验。但我国的循环冷却水处理技术在各行业之间，以及在大、中、小容量不同的水系统的发展上是很不均衡的。目前综合处理不仅应用在现代的大型工程上，对中、小型工程也获得了良好的处理效果。在综合处理方面，从20世纪70年代引进技术以来，已经取得了比较好的成绩，有的已经达到国际先进水平，但某些方面也还存在差距。例如目前在循环冷却水处理上使用的化学药剂，主要还只限于磷系药剂，旁流

水处理技术还只是以旁流过滤为主等。因此在循环冷却水处理的各个环节上，都还面临开发新技术、使用新的药剂品种、采用新的工艺技术这样一些重要课题，还需要不断地吸收符合我国具体情况的国外先进经验。在国内各行业之间，也要根据生产实际需要，不断吸收符合本部门具体情况的国内其他行业的实践经验。这些情况都应该落实在总结生产实践和科学试验的基础上。对待新技术的采用，采取既积极又稳妥的态度，使我国这门工程技术得以稳步地向前发展。

在符合安全生产要求方面：循环冷却水处理不当，首先会使冷却设备产生不同程度的结垢和腐蚀，导致能耗增加，严重时不仅会损坏设备，而且会引起工厂停车、停产和减产的生产事故，造成极大的经济损失。因此安全生产首先应保证循环冷却水处理设施连续、稳定地运行并能达到预期的处理要求。其次，在循环冷却水处理的各个环节，如循环冷却水处理、旁流水处理、补充水处理、排水处理及其辅助生产设施，如仓库、加药间等，设计中都应该考虑生产上安全操作的要求。特别是使用的各种药剂如酸、碱、阻垢剂、缓蚀剂、杀菌剂等，常常是有腐蚀性、有毒、对人体有害的。因此对各种药剂的贮存、运输、配制和使用，设计上都必须考虑有保证工作人员卫生、安全的设施，并按使用药剂的特性，具体考虑其防火、防腐、防毒、防尘等安全生产要求。

在保护环境方面：使用各种化学药剂处理时，要注意避免和消除各种可能产生危害周围环境的不利因素，对于循环冷却水各种处理设施中的“三废”排放处理，尤需符合环境保护要求，严加控制。

在节约能源方面：循环冷却水系统中由水质形成冷却设备的污垢是最常见的一种危害。垢层降低了设备的换热效率，影响了产品的产量和质量，并且造成了能源的浪费。1mm 的垢厚大约相当于 8%的能源损失，垢层越厚，换热效率越低，能源消耗越大，同时也使水系统管道的阻力增大，直接造成动力的浪费。在循环冷

却水、补充水和旁流水处理设计系统中，各种构筑物或设备及其管线布置等都要注意节约能源、动力，应该力求达到单位水处理成本最低、动力消耗最小的技术经济指标。

在节约用水方面：工业冷却水占工业用水的70%～80%。要节约用水，首先要做到工业冷却水循环使用，以减少净水消耗和废水排放量。在循环冷却水系统中，提高设计浓缩倍数，是循环冷却水系统的节水关键，对于充分利用水资源、节约用水、节约药剂、降低处理成本有很大的经济效果。现代化的大型工业企业尤其如此。如某化肥厂循环冷却水系统的浓缩倍数由3提高到5，即节约补充水量20%左右，减少排污水量50%以上，且每月可节约6万元左右的经营管理费用。在循环冷却水处理的各个工艺过程中，还有相当一部分的自用水量同样应该贯彻节约用水的原则，充分利用循环冷却水系统的优越性，进一步发挥其节水潜力。因此本条规定循环冷却水处理设计应符合安全生产、保护环境、节约能源、节约用水的要求。

其次，工程设计是国家基本建设的重要环节，设计的好坏直接影响到今后的施工、运行和管理各方面的质量。在设计过程中，从一开始就应考虑便于施工、操作与维修，做到安全可靠，确保质量。

1.0.4 本规范所涉及的给水处理、污水处理及环境保护等内容，可参见现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013、《室外排水设计规范》GB 50014和《污水综合排放标准》GB 8978等。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本条中换热设备指生产工艺的换热器、冷凝器等，冷却设备指循环冷却水系统中的冷却塔、空气冷却器等，处理设施指沉淀池、澄清池、过滤池(器)等。

2.1.7 循环冷却水处理过程中所使用的药剂包括补充水处理、旁流过滤水处理、排水处理、循环水处理等所使用的药剂，如凝聚剂、阻垢剂、缓蚀剂、杀生剂等。

2.1.14 系统水容积包括冷却塔水池的水容积、管道容积、换热设备水侧容积及旁流处理设备水容积等。

2.1.20 循环冷却水系统在运行过程中所损失的水量包括蒸发、强制排污、风吹以及循环冷却水处理过程中损失的水量。

3 循环冷却水处理

3.1 一般规定

3.1.1 本条主要对循环冷却水处理方案设计的基本内容做出相应的规定。

3.1.2 循环冷却水用水量是由生产性质、产量、工艺流程、工况条件等决定的，因此用水量应按照生产工艺的要求确定，对于按最大小时用水量的规定，是出于保证生产能力的考虑。

3.1.3 本条对不同水源的补充水资料的收集、整理、校核作出相应规定。

从统计学的观点来看，数据年代越长则代表性越强，因此应尽量收集长时间的数据。

pH 值是水质稳定性的重要数据之一，本规范附录 B 中的水质分析误差校核是保证水质分析的准确性。

3.1.4 本条规定主要是在补充水水质变化时，保证循环冷却水处理设备有足够的设计能力。

3.1.5 本条规定包括两个内容：一个是循环冷却水处理所要求具备的条件，即对换热设备内的水流速、壁温等做出规定；另一个是循环冷却水处理最终达到的特性指标，即对污垢热阻、腐蚀速率、黏附速率等做出规定。

关于换热设备的规定是根据目前国内能够广泛采用的药剂种类性能（包括聚磷酸盐、磷酸盐、聚丙烯酸盐、聚马来酸等）及其复合配方，参照国外经验，并结合国内一些工厂在生产运行中易于出现故障的换热器的工况条件而提出的。

对国内一些工厂的壳程换热器调查表明，流速低于 0.3m/s 的换热器普遍存在污垢和垢下腐蚀问题，流速越低问题就越突出。

根据目前药剂处理的效能与壳程换热器设计流速选用的常规范围，流速不应低于 0.3m/s，以保证处理效果。

当换热器水侧流速低于 0.3m/s 时，尤其在折流板的负压区容易产生污垢，降低了传热效果，而且还将导致垢下腐蚀。

在壳程换热器的结构上，由于几何形状的限制，要做到各个部位具有均一的流速是不可能的。即使设计计算的平均流速（认为是均一的）为 0.3m/s，实际上个别部位，尤其是靠近管板、折流板的死角区流速远低于此值，因此发生的问题就更为严重。这一点已为很多工厂的生产实践所证实。在这种不利的工况下，药剂处理难以发挥其应有的效果。国外报道的经验也表明，在这种情况下，即使投加像铬酸盐这种效果很好的强缓蚀剂，其保护作用也变差，换热器仍过早地损坏。

对于管程换热器，管式交换器制造商协会（TEMA）标准和现行国家标准《热交换器》GB/T 151 规范中水的污垢热阻值与水的流速有关，水的流速≤1.0m/s 和流速＞1.0m/s 相比，水的污垢热阻值取值较大，因此将 1.0m/s 作为规定流速的下限。

为了使工程技术人员能选取恰当的水的污垢热阻值，摘自现行国家标准《热交换器》GB/T 151 水的污垢热阻值见表 2，可供工程技术人员根据工程的具体情况选用。

表 2　水的污垢热阻值　　($\times 10^{-4} m^2 \cdot K/W$)

<table>
<tr><td colspan="2">加热介质温度</td><td colspan="2">≤115℃</td><td colspan="2">116℃～205℃</td></tr>
<tr><td colspan="2">水的温度</td><td colspan="2">≤52℃</td><td colspan="2">＞52℃</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">水的种类</td><td colspan="2">水速(m/s)</td><td colspan="2">水速(m/s)</td></tr>
<tr><td>≤1</td><td>＞1</td><td>≤1</td><td>＞1</td></tr>
<tr><td colspan="2">海水</td><td>0.88</td><td>0.88</td><td>1.76</td><td>1.76</td></tr>
<tr><td colspan="2">微咸水</td><td>3.52</td><td>1.76</td><td>5.28</td><td>3.52</td></tr>
<tr><td rowspan="2">冷却塔和人工喷淋池</td><td>处理过的补给水</td><td>1.76</td><td>1.76</td><td>3.52</td><td>3.52</td></tr>
<tr><td>未处理过的补给水</td><td>5.28</td><td>5.28</td><td>8.8</td><td>7.04</td></tr>
</table>

续表 2

加热介质温度		≤115℃		116℃～205℃	
水的温度		≤52℃		>52℃	
水的种类		水速(m/s)		水速(m/s)	
		≤1	>1	≤1	>1
自来水、地下水、湖水		1.76	1.76	3.52	3.52
河水	最小值	3.52	1.76	5.28	3.52
	平均值	5.28	3.52	7.04	5.28
泥水		5.28	3.52	7.04	5.28
硬水(>257mg/L)		5.28	5.28	8.8	8.8
发动机夹套水		1.76	1.76	1.76	1.76
蒸馏水		0.88	0.88	0.88	0.88
处理过的锅炉给水		1.76	0.88	1.76	1.76
锅炉排污水		3.52	3.52	3.52	3.52

注：加热介质温度超过205℃，且冷介质会结垢时，表中数值应作相应修改。

流速上限的要求则需结合不同材质考虑防止冲刷侵蚀，这方面一般在设备设计中已有考虑，这里未作规定。水侧壁温上限为70℃是根据国内大型厂换热设备的调查结果而制定的。

污垢热阻值的法定计量单位为 $m^2 \cdot K/W$，$1m^2 \cdot h \cdot ℃/kcal = 0.86m^2 \cdot K/W$。

关于腐蚀速率：碳钢设备应小于0.075mm/a，铜合金、不锈钢设备修订为应小于0.005mm/a，国内很多企业都能达到这一标准。这两项指标实际上是对循环冷却水处理提出的要求，或者说是对阻垢缓蚀效果的检验标准，也是在设计阶段作为确定阻垢缓蚀剂配方的依据。设计时应该从设备设计方面的合理性、水质处理的合理性、适宜的运行周期、折旧年限等多方面因素进行综合权衡确定。

3.1.6 对于闭式系统，由于工况条件较为苛刻(如温度较高)，对传热效率要求比较严格，通常采用除盐水或软化水作为补充水，污垢热阻值一般均可小于 $0.86 \times 10^{-4} m^2 \cdot K/W$。

3.1.7 循环冷却水水质指标与换热设备的结构形式、材质、工况条件、污垢热阻值、腐蚀速率，尤其是与循环冷却水药剂处理配方的性能密切相关，本条规定所给出的循环冷却水水质指标均是在本规范所给定的有关条件下，结合当前药剂配方的性能做出的规定。设计中应根据补充水水质指标结合上述条件加以确定。

表 3.1.7 中指标是循环冷却水处理技术的阶段成果，随着技术的发展，表中数据也将随着改变。

(1)浊度：循环冷却水的浊度对换热设备的污垢热阻和腐蚀速率影响很大，所以要求越低越好。工厂运行的实践证明循环冷却水系统设有旁滤池时，补充水浊度可控制在 5NTU 以内，我国大部分地区的循环冷却水的浊度可以控制在 10NTU 以下，因此表 3.1.7 规定板式、螺旋板式和翅片管式换热设备，浊度不宜大于 10NTU，其他一般不应大于 20NTU，工厂运行数据表明这一规定完全满足本规范的污垢热阻值指标。

对于电厂凝汽器，因其传热管内循环冷却水的流速一般均大于 1.5m/s，另外凝汽器均设有胶球清洗设施，因此电厂凝汽器内循环冷却水的浊度指标可适当放宽。

悬浮物和浊度虽然两者都是表示水中悬浮固体含量，但是两者所表示的悬浮颗粒直径却不相同，悬浮物所表示的颗粒粒径为 1μm 以上，而浊度所表示的颗粒粒径为 1nm～1μm，即通常所说的胶体物质，而且两者的测试方法也不同，前者是过滤法测定，后者是利用光学原理测定。两者并没有换算关系。因为胶体物质对循环冷却水产生污垢、菌藻滋生起着至关重要的作用，所以将悬浮物质指标改为浊度更为确切，并且应将这一指标尽量控制在更低的水平。

(2)pH 值：循环冷却水的 pH 值，由补充水水质、浓缩倍数以及药剂配方等因素确定，加酸调节 pH 值低限不宜低于 6.8；不加酸运行的自然 pH 值上限一般不高于 9.5。

(3)钙硬度＋全碱度的指标，是根据国内多数工厂采用的控制

项目而确定的，它取代了 Ca^{2+} 和碱度的分列指标，更能科学地反映两者之间的关系。指标值是根据国内药剂配方不加酸运行数据确定的。主要目的是控制水垢的形成。

壁温大于 70℃，钙硬度小于 200mg/L 的规定主要是针对冶金行业高炉和炼钢直冷循环冷却水系统。

(4)总 Fe：据资料介绍，水中有 2.0mg/L 的 Fe^{2+} 存在时，会使碳钢换热器年腐蚀速率增加 6 倍～7 倍，且局部腐蚀加剧。铁离子浓度高会给铁细菌的繁殖创造有利条件。此外，当采用聚磷酸盐作为缓蚀剂时，铁离子还会干扰聚磷酸盐在缓蚀方面的作用，同时还可能导致坚硬的磷酸铁垢。本条指标是根据国内外运行经验确定的，此外，如果循环冷却水中 Fe^{2+} 不断升高，则表明设备被腐蚀。

随着药剂处理配方的不断改进，本次修订将总 Fe 指标由 1.0mg/L 提高至 2.0mg/L。

冷却水系统中的总 Fe 主要来自于系统腐蚀和补充水，在补充水中铁浓度很低的情况下，总 Fe 的浓度及趋势是监测系统腐蚀情况的重要指标，过高的总 Fe 浓度表明系统腐蚀速率偏高。除此之外，总 Fe 浓度过高，对系统中沉积物的控制也带来了很大挑战。系统中铁主要通过分散来控制其沉积，过高的总 Fe 浓度会消耗大量的分散剂，导致分散剂不足并诱导其他悬浮固体出现沉淀。随着近些年分散剂合成制备技术的发展，药剂对 Fe 的分散能力得以提升，很多案例已经证明在 2.0mg/L 指标下，系统仍旧运行良好。另一方面，我国是水资源严重匮乏的国家，为节约水资源，国家提倡水的循环使用，减少排放。而再生水作为循环冷却水的补水使用时，往往总 Fe 浓度较高，1.0mg/L 的阈值限制了系统浓缩倍数，影响再生水的使用。

作为腐蚀速率的重要指标，需要控制腐蚀贡献的总 Fe 浓度在合理的范围，总 Fe1.0mg/L 能合理地反映系统腐蚀控制在合理范围。即在总 Fe 浓度 2.0mg/L 范围内，腐蚀贡献的总 Fe 浓度≤1.0mg/L。

(5)Cu^{2+}：为防止 Cu^{2+} 沉积，引起碳钢的缝隙腐蚀和点蚀。如果系统中有铝材设备，Cu^{2+} 指标应不大于 40μg/L。

(6)Cl^-：国内有关循环冷却水处理试验和工厂调查表明，Cl^- 对不锈钢的腐蚀有影响，但不是唯一因素。不锈钢设备在循环冷却水中的腐蚀与设备的结构形式、应力情况、使用温度、水的流速、污垢沉积等有密切关系，Cl^- 只是在一定条件下起催化作用。不锈钢设备的腐蚀损坏首先是由于设备本身存在一些缺陷，冷却水中的 Cl^- 在缺陷部位富集，导致设备的损坏。我国 20 世纪 70 年代引进的大化肥循环冷却水系统，曾有过循环冷却水中每升只有几十毫克 Cl^- 时，而发生不锈钢设备损坏的事例。也有循环冷却水中的 Cl^- 达到 1000mg/L 时，系统中的不锈钢换热器，未出现腐蚀穿孔情况。长期以来，由于循环冷却水中 Cl^- 指标的限制，制约了黄河流域、长江入海口附近工厂的循环冷却水浓缩倍数的提高。我国是一个水资源极为匮乏的国家，循环冷却水中 Cl^- 指标对节约我国宝贵的水资源有着重要意义。根据掌握的资料，我国某些大型化工厂采用磷系复合配方，循环冷却水中 Cl^- 浓度控制在 500mg/L～1000mg/L，壳程不锈钢设备未出现腐蚀。因此，对壳程不锈钢换热设备，循环冷却水中 Cl^- 指标不宜大于 700mg/L，同时对壁温和水温也加以限制。管程不锈钢换热设备流速条件较好，Cl^- 浓度不宜大于 1000mg/L。

根据某高等院校研究资料表明，Cl^- 腐蚀的诸多因素中，关键的是温度，据资料介绍，同等条件下温度高者腐蚀加剧，因此在选用 Cl^- 指标时应结合温度因素确定。

因本规范上一版实施以来，质疑 Cl^- 浓度的问题较多，所以本次修订组委托北京科技大学腐蚀与防护中心开展了《循环冷却水中氯离子对不锈钢换热器腐蚀实验研究》，结果如下：

不锈钢腐蚀与介质中的 Cl^- 浓度存在阈值现象。304 和 316 不锈钢在不添加缓蚀阻垢剂情况下发生局部腐蚀的临界 Cl^- 浓度为 250mg/L～500mg/L；添加缓蚀阻垢剂后，304 不锈钢发生局部

腐蚀的临界 Cl^- 浓度为 1000mg/L，316 不锈钢在添加缓蚀阻垢剂后，发生局部腐蚀的临界 Cl^- 浓度为 1200mg/L。

在超高 Cl^- 浓度环境（Cl^- 浓度 50000mg/L）中使用时，缓蚀阻垢剂虽然能够使 304 和 316 不锈钢的维钝电流密度小幅度降低，但其维钝电流不稳定、存在明显的"毛刺"现象（即有亚稳态点蚀发生），材料极易诱发点蚀，具有较高的风险，因此不推荐 304 和 316 不锈钢在超高 Cl^- 浓度环境中长期服役。

（7）$SO_4^{2-}+Cl^-$：通常采用这个指标来限制 SO_4^{2-} 的浓度。根据国外公司的药剂处理配方在国内的使用经验，确定 $SO_4^{2-}+Cl^-$ 的指标为 2500mg/L。另外，当水中 SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 的乘积超过其溶度积时，则会产生 $CaSO_4$ 沉淀。

SO_4^{2-} 对混凝土材质的腐蚀影响，按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定执行。

（8）硅酸：指标 175mg/L 是根据硅酸盐的饱和溶解度确定的，主要是防止循环冷却水中形成硅酸盐垢。

（9）$Mg^{2+}\times SiO_2$ 指标：主要是防止形成黏性较大、颗粒较细的硅酸镁黏泥。指标值均根据国外资料和国内运行经验确定。

（10）游离氯：为控制循环冷却水中菌、藻微生物而制定的。指标值是结合国内运行情况确定的。根据国内最新运行数据，本次将指标值 0.2mg/L～1.0mg/L 修订为 0.1mg/L～1.0mg/L。

（11）NH_3-N：主要是针对氨厂和再生水回用循环冷却水系统制定的。氨的危害在国内氨厂不乏先例，氨的存在促使硝化菌群的大量繁殖，导致系统 pH 值降低，腐蚀加剧，同时也消耗大量的液氯，严重时使其失去杀菌作用，因而使系统中各类细菌数量和黏泥量猛增，COD 及浊度增加，水质发黑变臭，后果是相当严重的。

（12）石油类：石油类杂质易形成油污黏附于设备传热面上，影响传热效率和产生垢下腐蚀。

由于炼油企业的特殊性，对其指标略微放宽一些，根据试验室所取得的数据，循环冷却水中石油类杂质的浓度达到 10mg/L 时，

污垢热阻和腐蚀率均在本规范的限值之内。

(13)COD:这是表示水中有机物多少的一个指标,有机物是微生物的营养源,有机物含量增多将导致细菌大量繁殖,从而产生黏泥沉积、垢下腐蚀等一系列恶果。为了再生水尽可能地回用至循环冷却水系统,再生水应经深度处理后回用,水中 COD 大部分应为难生物降解物质,应不引起细菌和生物的繁殖。

对于循环冷却水水质中 COD≤150mg/L,截至 2015 年,炼油系统 36 座、化工系统 5 座循环水场的循环冷却水水质按照COD≤180mg/L 控制,实际运行的 COD 在 120mg/L～160mg/L 范围内波动,循环水场运行效果与使用新水作为补充水的系统相当,能够满足生产装置长周期运行要求。第一座循环水场是 2000 年 8 月实现工业化运行,到目前已正常应用了 16 年。

对于循环冷却水水质中 COD≤150mg/L,应为再生水及药剂所带来的 COD,而不是工艺出现泄漏后循环冷却水可控制的指标。当再生水量占总补充水量 60%以上的时候,且再生水经深度处理后水质中 COD 约为 60mg/L 时,循环冷却水水质 COD 控制指标≤150mg/L。

3.1.8 闭式系统中被冷却的工艺介质或设备,对污垢热阻值有较高的要求,因此一般均采用除盐水或者软化水,水质应根据冷却对象的要求确定。电力系统目前一般采用除盐水,并通过离子交换、加碱等方法调节 pH 值;钢铁行业采用软水或除盐水。表 3.1.8 中各行业闭式系统水质指标是综合有关标准和实际运行数据确定的。对于其余各行业闭式系统,当采用除盐水为补充水时,投加缓蚀剂后,循环冷却水的电导率指标将有所上升,一般宜小于 2500μS/cm,对设备无负面影响(当工艺有特殊要求时除外,如电磁装置的闭路冷却系统一般要求电导率小于 100μS/cm)。

根据国内钢铁厂设备用水要求和实际运行经验,结合本次修订时对南京钢铁集团、韶关钢铁集团、江阴兴澄特钢等大中型钢企的实地调研,发现在江浙及两广地区存在着大量的高炉闭式系统

以及连铸闭式系统的补充水直接采用新鲜水的案例，由于该地区新鲜水硬度较低，在投加药剂的前提下，闭式系统总硬度指标控制在 10mg/L～20mg/L 时，循环水系统没有出现结垢倾向。因此本次修订将钢铁厂闭式系统总硬度指标提高至不宜大于 20mg/L。

3.1.9 根据国内钢铁厂最新运行数据，本次修订将钢铁厂高炉煤气清洗水 pH 指标调整为 6.5～8.5，同时对指导意义不大的电导率和硫酸盐两项指标从表格中删除。由于直冷循环冷却水系统工艺设备对水质的要求差别较大(如引进不同国家设备制造商的工艺设备要求不同)，因此在采用表 3.1.9 时，应与工艺专业协商确定。

自上一版规范增编直冷循环冷却水水质指标后，经过多年生产实践，冶金行业生产企业出现了由于层流直接冷却循环水中氯离子浓度升高带来的热轧板材在超长贮存期内严重点蚀的案例，并造成了严重经济损失。

此次修订组委托北京科技大学腐蚀与防护中心开展了《模拟层流冷却水残留液环境下典型热轧板的腐蚀行为规律》相关实验工作，结果如下：

不同强度热轧板点蚀深度和安全贮存时间与层流冷却水中 Cl^- 浓度水平和其贮存方式有关，Cl^- 浓度水平在 20mg/L～300mg/L 范围变化时，随着 Cl 浓度增加，其安全贮存时间逐渐变短，实验数据见表 3。

表 3 不同强度热轧板与氯离子浓度水平层流液所对应的安全贮存时间(月)

Cl^- (mg/L)	贮存条件	20	60	100	140	180	220	260	300
低强钢	单独贮存	46.9	22.0	18.9	17.7	17.1	16.7	16.5	16.3
	堆垛贮存	58.0	13.6	10.2	9.0	8.5	8.1	7.9	7.7
中强钢	单独贮存	76.7	25.5	20.5	18.6	17.7	15.0	16.8	14.5
	堆垛贮存	33.7	14.5	12.2	11.4	11.0	10.7	10.5	10.4
高强钢	单独贮存	42.8	39.0	35.4	31.7	28.0	24.4	20.7	17.0
	堆垛贮存	24.4	21.4	18.4	15.3	12.3	9.3	6.2	3.2

建议热轧板尽量贮存在干燥环境中，以防止氧化皮吸潮变成电解质溶液进而产生腐蚀破坏；建议降低轧制过程中层流冷却水中的离子浓度，特别是 Cl^- 浓度，以降低氧化皮中残留的离子浓度进而减弱其均匀腐蚀和点蚀；建议热轧板贮存时单独贮存最优，堆垛时热轧板间应隔出较大缝隙以避免较严重点蚀的发生。

3.1.10 钙硬度＋甲基橙碱度和稳定指数两个指标结合使用，更能准确地控制碳酸钙沉淀。当水质超过上述任何一个指标时，应根据加酸、旁流水软化(除盐)、补充水软化(除盐)等处理进行综合比较确定处理方案。

3.1.11 在浓缩倍数 1.5～10.0 的条件下，通过对循环冷却水量为 10000m³/h 的计算得出表 4。

计算条件：气温 40℃，K 值选用 0.0016/℃。

表 4 不同浓缩倍数系统的补充水量与排污水量

计算项目	浓缩倍数 N							
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	10.0
循环冷却水量 R(m³/h)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
水温差 Δt(℃)	10	10	10	10	10	10	10	10
排污水量 B(m³/h)	320	160	80	53.3	40	32.0	26.7	17.8
补充水量 M(m³/h)	480	320	240	213.3	200	192	186.7	177.8
排污水量占循环冷却水量的百分比(%)	3.20	1.60	0.8	0.53	0.4	0.32	0.27	0.18
补充水量占循环冷却水量的百分比(%)	4.8	3.2	2.40	2.13	2.00	1.92	1.87	1.78

浓缩倍数从 3 倍提高到 5 倍，按表 4 的计算结果，节水效果能提高 0.4%，换算为全国节水量可达 176 亿 m³ 之多，这是一个很可观的数量。现在很多新工程项目不仅要求高浓缩倍数，甚至还限制使用新水，可见用水形势的紧张程度。另外，国内各行各业为求节水也都纷纷研制新的药剂处理配方，达到浓缩倍数 5 的企业比比皆是，甚至有少数企业已达到浓缩倍数 10 以上，可见这一指标还是可以做到的。

冶金、电力行业在水平衡方案设计时往往为了满足串级用水(冲灰等)的需要，加大循环冷却水系统的排污水量，因而降低了浓缩倍数，但是只要能综合减少新鲜水用量，浓缩倍数可不受此限制。

3.1.12 微生物在循环冷却水系统中大量繁殖，会使循环冷却水颜色变黑，发生恶臭，并形成大量黏泥沉积于冷却塔和换热设备内，隔绝了药剂对金属的保护作用，降低了冷却塔的冷却效果和设备的传热效率，同时还对金属设备造成严重的垢下腐蚀，微生物对循环冷却水系统的危害较之水垢、电化腐蚀来说更为严重，因此控制微生物的危害是首要的。

1 循环冷却水中，以异养菌的生长繁殖最快，数量也最多，它基本上代表了水中全部细菌的数量，所以测定时，常以异养菌的数量代表水中全部细菌总数。这类细菌属于黏液型细菌，所产生的黏液对循环冷却水系统危害很大。此次修订将单位改为CFU/mL，与其他国家标准一致。

2 循环冷却水中生物黏泥量的多少直接反映出系统中微生物的危害程度，因此生物黏泥量的控制是非常重要的。

3.2 系统设计

3.2.1 本条规定当采用阻垢缓蚀药剂处理时应考虑药剂所允许的停留时间，对于目前使用聚磷酸盐作为缓蚀剂主剂的配方，对此加以强调是必要的。

聚磷酸盐转化成正磷酸盐除了水温、pH值等因素以外，还与时间因素有关。设计停留时间(T_d)可用条文所列的公式计算。当已知对应于某一浓缩倍数的Q_b值时，确定V值即可计算出T_d值，该值应小于药剂允许的停留时间。当不能满足这一要求时，则需调整V值直至满足为止，或者更换药剂配方。药剂停留时间一般由药剂厂家提供。

系统水容积越大，药剂在系统中停留的时间就越长，则药剂分

解的比例也越高，同时初始加药量也增多，杀生剂的消耗量也增大，而且循环冷却水还易受到二次污染，所以系统容积在保证泵吸水容积的条件下应尽量减少。

3.2.2 根据工程设计资料统计，系统水容积一般均小于循环冷却水小时流量的1/3，国内工厂实际运行经验表明，这个指标均能保证系统安全运行，但对冶金、电力、炼油等行业可适当放宽。

3.2.3 工艺生产设备内的水容积一般由工艺专业提供。

3.2.4 循环冷却水作直流水使用，不仅会影响浓缩倍数的提高与控制，对节水、节药都不利，而且排放含有药剂的循环冷却水将对环境造成污染。

国内有些工厂，由于循环冷却水管网上供直流用水的接管太多，用水量过大，使浓缩倍数的提高受到限制或无法控制，造成药剂和循环冷却水的大量损失。因此，条文明确限制是必要的。

3.2.5 本条是为减少环境对循环冷却水水质污染而制定的，国内运行经验也证实了这一点。

3.2.6 本条制定的目的主要是方便操作管理。

1 主要是避免系统清洗的脏物堵塞冷却塔配水系统和淋水填料，因为冷却塔本身不需要清洗和预膜。

2 避免系统清洗时脏物堵塞换热设备。

3 当清洗、预膜转换至正常运行阶段时，均要求尽快地将水置换，避免置换时间过长而引起腐蚀。另外，预膜之后由于有热负荷，置换时间过长会导致预膜药剂在换热设备传热管壁的沉积，因此补充水管径、冷却塔水池排净管管径，均应满足清洗、预膜置换时间的要求。

相对来说，置换要求的水量远比补充水量大，因此易对补充水的计量仪表造成损坏，所以要设补充水旁路管。

5 由于补水管路中无法得到循环冷却水系统中缓蚀剂的保护，所以当补充水有腐蚀倾向时，补水管路应采用耐腐蚀管材。

3.2.7 本条制定的目的也是方便操作管理。

1 清除系统运行中产生的污物。

3 见本规范第3.2.6条第5款的条文说明。

3.2.8 为减轻循环冷却水在冷却过程中带入杂物的危害，则需设置两道拦污滤网（便于清理），以免对换热器特别是列管式换热器，造成严重堵塞。国内很多工厂的运行经验突出地说明了这一问题，其中尤其严重的是飞虫堵塞，因此还需对冷却塔的夜间照明予以控制。国内一些工厂的运行经验表明，系统运行中所产生的污泥沉积对水质构成二次污染。因此设计中应结合冷却塔形式，采取有效的池底排污措施（如池底有一定坡度，分布几处设置排污泥管等）。

3.3 阻垢缓蚀处理

3.3.1 循环冷却水的阻垢缓蚀处理配方一般要经过动态模拟试验确定。国内的运行经验表明，经试验所选定的处理配方可以满足设计的预期要求。本条给出了做动态模拟试验应考虑的一些因素。对于水量比较小且对循环冷却水质要求不太严格的系统，也可参照工况水质条件相似工厂的运行经验确定。

3.3.2 锌盐成膜迅速，与其他阻垢缓蚀剂复合使用时，能够起到很好的增效作用，但不宜单独使用。锌盐对水生生物有一定毒性，排放受到限制，本条规定的锌盐指标是根据现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978中一级标准确定的。磷系配方目前被广泛采用，虽然具有价格便宜、效果良好的优势，但却存在系统排污水磷浓度超标的严重问题。目前我国水系污染严重，大部分水系都不同程度地存在富营养化的问题，循环冷却水系统的排污是造成这种局面的主要原因之一，因此作为问题的源头应从设计上严格把关。

阻垢缓蚀药剂需考虑药剂的共溶性，如季铵盐和聚丙烯酸反应生成沉淀。

虽然磷系配方目前无法完全禁止，但随着政府对环保问题的

日趋重视，循环冷却水无磷配方的研究开发近些年得到了快速发展，市场上出现了很多无磷配方，它们能满足一定应用范围内的要求并取代含磷配方。循环冷却水无磷配方的应用已有七到八年的时间，这期间越来越多的循环冷却水用户要求使用无磷配方，促进了循环冷却水处理供应商在无磷配方的研发力度，相关学术文献、专利以及商业化的配方在此期间也大量出现。目前使用无磷配方的循环冷却水系统在数量上已具有相当的规模，配方的性能可满足本规范相关要求。

另外，对于比较偏远的工厂，如果没有配套的市政管网或者相应的污水处理能力，含磷的循环冷却水很难满足排放标准而直接排放，这种情况无磷方案也是应当推荐的。

3.3.3 在碳钢与铜合金（或铝与铜合金）材质组合使用的系统中，为防止铜离子对碳钢（或铝）形成电偶腐蚀—点蚀，需投加铜缓蚀剂保护。

根据国内电力系统的经验总结，采用硫酸亚铁成膜及胶球清洗等措施。这两项措施对冷凝器铜管缓蚀及在运行中清垢方面是有效的，具备条件的其他行业的工厂设计时也可选用。

3.3.4 本条规定是为了防止影响循环冷却水水质。

3.3.5、3.3.6 阻垢缓蚀剂投加量的计算公式，可满足设计人员计算阻垢缓蚀剂的用量，对确定计量设备、运输以及仓库贮存都是需要的。

3.3.7 很多情况都是由于补充水中的碱度和 Ca^{2+} 浓度较高而限制了浓缩倍数的提高，因此加酸调节循环冷却水 pH 值以提高浓缩倍数，不失为简便而有效的一种方法，目前很多运行装置都采取了这一措施，以达到节水的目的。

条文中给出了循环冷却水调 pH 值的加酸计算公式，公式中所涉及的循环冷却水控制碱度 M_r 可根据循环冷却水调控 pH 值查本规范附录 C 得出。

当系统投加氧化性杀生剂 NaClO 或 Cl_2 时，因其水解产生

NaOH 或 HCl,所以加酸量应予以修正。经验数据:投加 1mg/L 的 NaClO(纯度 100%),需增加 1mg/L 的硫酸量(纯度 98%);投加 1mg/L 的 Cl_2,需减少 0.7mg/L 的硫酸量(纯度 98%)。

3.4 沉淀、过滤处理

3.4.1 表 3.4.1 中直冷循环冷却水沉淀、过滤处理的基本工艺是近期比较普遍采用的处理程序。其中,化学除油器运行需要投加药剂,且操作比较复杂,出水水质不大稳定,因此对水量较大,水质要求严格的大型热轧板厂,基于对水质和运行费用的考虑还应采用二次平流沉淀+高速过滤工艺。对连铸二冷水,为了保证工艺要求的悬浮物≤20mg/L,通常在化学除油之后增加高速过滤工艺。

3.4.3 高炉、转炉煤气清洗水水质变化有其特殊性,比较复杂。目前多采用混凝、沉淀处理,并调节 pH 值,投加阻垢药剂。混凝剂的配方应现场进行试验最后确定。

3.5 微生物控制

3.5.1 国内绝大多数循环冷却水装置的微生物控制都是按照以氧化型杀生剂为主,非氧化型杀生剂为辅的原则进行操作管理,其效果是很成功的,虽然有的装置只用氧化型杀生剂也获得了不错的效果,但这只是个例,并且需要具备水质和环境良好的条件。

3.5.2 关于液氯,这是国内最常用的氧化型杀生剂,它具有效果好、价格便宜等优点,受到用户的普遍欢迎,但液氯是剧毒气体,国内在用于循环冷却水处理过程中,虽未发生过重大的事故,但时时受到潜在的威胁。在液氯生产、运输各环节发生过爆炸、泄漏重大事故,造成人员伤亡和财产损失。北京市政府出于安全考虑,已提出禁用液氯,中国石油化工集团公司也规定了禁用液氯。按照以人为本和安全生产的原则,液氯也应当逐渐淡出循环冷却水处理行业,转而应用更加安全的氧化型杀生剂。溴和溴化物用作杀生

剂比氯及次氯酸盐有明显的优点，杀生速度快，对金属腐蚀低，排放无污染，挥发性低，而且当水中有氨存在时，溴耗并不增加；但是由于价格较贵，限制了大范围的使用。目前，国内有的工厂采用以氯为主，辅以溴杀生剂，效果很好，费用也比较经济。无机溴化物的活化，通常采用 NaClO，纯品比例为 NaBr：NaClO＝1：1～1：4，连续投加，投加量为 0.2mg/L～0.5mg/L（以 Br_2 计），每天维持 4h 即可，其余时间保持余氯为 0.3mg/L～0.5mg/L。

3.5.3 非氧化型杀生剂的投加次数应根据季节和循环冷却水中异养菌数量、冷却系统黏泥附着程度而定，一般气温高的季节每月投加 2 次，气温低的季节如冬季每月投加 1 次；当异养菌数量较高或黏泥附着程度较严重时，不论季节气温高低，每月均需投加 2 次。非氧化性杀生剂的投加方式：根据计算用量一次性投放在水池水流速度较高处。为避免菌藻产生抗药性，宜选择多品种交替使用。

3.5.5 本条中所列各生产装置，在直冷过程中，由于被冷却的工艺物料温度很高，已起到杀生作用。

3.5.6 本条中的氧化型杀生剂的加药量，为工厂实际运行的调查数据，实践中可调整。现实操作中氧化型杀生剂液氯的投加方式是连续和冲击并存，根据调查结果，某厂原先采用的是冲击投加，后来改为连续投加，杀菌效果比冲击投加稳定，而且液氯耗量也不增加。

3.6 清洗和预膜

3.6.1 直冷系统只需清洗，不需预膜；电力行业的闭式系统也不需预膜。

3.6.2 新建循环冷却水系统开车前，循环冷却水管道、水池内常有基建施工遗留的焊渣、泥渣等杂物，开车前必须进行人工清扫，以免污染和堵塞换热设备和管道。

3.6.3 水清洗主要是清除管道、水池、设备表面的浮尘，为下一步

的化学清洗创造条件。为保证冲洗流速可开启备用泵。

3.6.4 化学清洗主要是清除水洗不能清除的设备表面污物，根据污物的差异，选择不同的清洗剂，化学清洗配方可由实验确定。

换热设备水侧表面经化学清洗之后呈活化状态，极易产生二次腐蚀，因此要求在化学清洗之后立即进行预膜处理，以保证活化的金属表面不被腐蚀，并形成一层致密的缓蚀保护膜。

3.6.5 预膜过程中，要对水的 pH 值、温度、钙离子、铁离子、浊度、药剂浓度严格监控，防止产生结垢或腐蚀。预膜结束时要大量排水、补水，尽快转入正常运行条件。为减少污染物排放，推荐应用低磷环保清洗预膜配方和技术。

3.6.6 循环冷却水系统清洗水通过旁路管直接回到冷却塔水池，可避免系统清洗时的脏物堵塞冷却塔配水系统和填料。预膜水通过旁路管直接回到冷却塔水池，可减少预膜水容量，减少药剂的用量。

3.6.7 对新建系统，由于施工进度的原因，生产装置一般不能同时开车；对老系统而言，年度大检修后，由于生产装置开车程序的安排，两个装置开车也会出现不同步的情况。因此当一个循环水系统向两个以上生产装置供水时，循环冷却水系统应考虑有临时切换设施，以避免开车不同步所产生的不利影响。

4 旁流水处理

4.0.1 本条规定了设置旁流处理水的条件。

1 循环冷却水在循环冷却的过程中由于受到空气污染(灰尘、粉尘等悬浮固体物)或循环过程中由于工艺侧渗漏污染(如油及其他杂质等),使循环冷却水水质不断恶化而超出允许值。因此必须采用旁流水处理,以维持循环冷却水的水质指标在允许范围之内。

2 由于水的浓缩,引起循环冷却水某一项或几项成分超过允许值,可考虑采取旁流水处理以提高浓缩倍数。由于设计的浓缩倍数需综合很多因素(如水源水质、水量,各种处理方法处理费用比较等)才能确定,是否采用旁流水处理需要经过技术经济比较才能确定。

4.0.2 本条说明选择旁流水处理设计方案时应考虑的主要因素。同时应该考虑阻垢缓蚀剂对旁流水处理方案的影响和干扰。

4.0.3 本条给出的旁流处理水量的计算式为理论计算公式,公式中"某项成分"的含义为需处理的物质。

4.0.4 本条规定了间冷开式系统设置旁流水处理的条件及旁流处理水量。

1 间冷开式循环冷却水在循环冷却的过程中,不断地受到来自空气的污染(泥沙、粉尘、微生物及孢子)和微生物滋生的危害,导致水的浊度上升,水质恶化,由此带来一系列严重后果。因此间冷开式冷却水系统宜设置旁滤设施以控制浊度。但是对于小型或间断运行的系统以及设有胶球清洗的系统则可视工艺要求及环境空气的清洁程度而定。

2 计算公式中的空气含尘量,一般在环保部门大气监测站均

有测定数据，如某些地区无测定资料时，可在工厂建设的前期工作中进行测定，也可参照附近地区的测定资料。

含尘量数据的选取可根据保证率的要求来确定。

3 由于很多建厂地区缺乏空气含尘数据，不能按公式计算旁滤量，因此本款给出一些经验数据。

4 无阀滤池是普遍采用的一种旁滤设备，操作管理都十分简便。

多介质滤料有石英砂、无烟煤、活性炭、磁铁矿、拓榴石、多孔陶瓷、塑料球等，根据循环冷却水用户的工艺介质特点，考虑多介质滤料的组合，一般采用两种以上的介质，用以去除循环冷却水中的悬浮或胶态杂质、吸附油等，对 BOD_5 和 COD 有一定的去除效果。

5 补充水处理

5.0.1 本条规定指出了间冷开式循环冷却水系统补充水处理方案应考虑的一些因素及设计方案应做的工作。

5.0.2 我国是一个水资源极其匮乏的国家，因此采用再生水和间冷开式系统的排污水作为循环冷却水补充水是节水的有效措施。

5.0.3 高硬度、高碱度水的钙、镁重碳盐浓度较高。在循环冷却的过程中，由于游离二氧化碳被吹脱和水的不断浓缩，造成钙、镁盐的沉淀，影响了浓缩倍数的提高，甚至使系统无法运行。因此必须进行处理以提高浓缩倍数。石灰处理是比较便宜的处理方法。

5.0.4 本条的核心是最大限度地利用间冷开式系统的排污水，以节约新鲜水。

5.0.6 本条中的补充水量计算公式是理论计算式。

5.0.8 本条规定的是补充水系统的设计流量，而非实际的补充水量。

6 再生水处理

6.1 一般规定

6.1.1 本条给出了再生水的各种来源，扩展了利用再生水的设计空间。面对我国水资源短缺的现状，采用再生水作为循环冷却水补充水是一项既节水又环保的有效措施。

6.1.2 本条提出在有多个可利用的再生水水源时，应根据再生水水量、水质、污水处理厂的距离、再生水深度处理系统的初投资和制水成本等，进行综合技术经济比较后确定。在工程设计前，应取得再生水的水质及水量等资料作为设计依据。再生水的设计水质应根据现有水质和预期水质变化的综合情况确定；无水质资料时，可参考类似工程的水质；在取得实际水质资料后，再进行调整。

6.1.3 表6.1.3中的水质要求主要参照现行国家标准《污水再生利用工程设计规范》GB 50335中的“再生水用作冷却用水的水质控制指标”和现行行业标准《火力发电厂再生水深度处理设计规范》DL/T 5483，以及有关工程再生水回用试验和运行经验综合制定。再生水作为间冷开式系统补充水时，在缓蚀处理方面，除了采用药剂处理外，也可采用提高换热器管材耐蚀等级的办法(此法可减轻药剂处理难度并有可靠的安全保证)。根据有关火力发电厂采用再生水的运行经验和再生水再利用试验的情况，电厂凝汽器和辅机冷却系统设备的材质宜选用S31603或S31703不锈钢。根据有关石化行业采用再生水的运行经验和再生水再利用试验的情况，再生水中COD≤60mg/L。再生水应经深度处理后回用，水中COD绝大部分应为难生物降解物质，应不引起细菌和生物的繁殖。

6.1.4 当再生水为工业循环冷却水系统的单一水源时，为保证用

水的安全性，应进行水源可靠性的论证，可靠性不能保证时，应考虑事故备用水源。

6.1.5 本条提出了再生水作为循环冷却水补充水时确定浓缩倍数的诸多因素。本规范再生水水源包括污水处理厂的排水、矿井排水、间冷开式系统的排污水等。根据目前污水处理厂排水深度处理系统的运行经验，为有效控制有机物所产生的危害，其浓缩倍数一般在4倍以下；但个别电厂的循环水浓缩倍数也有达到5倍。矿井排水等经深度处理后，如有机物和氨氮浓度不高，可采用较高的浓缩倍数。采用较高的浓缩倍数可以减少用水量和排污水量，但可能需要更为完善的深度处理工艺和循环水处理工艺，性能更为优良的设备及材质，更为完备的运行维护手段，更高的运行费用等。因此设计中应根据来水水质情况，全厂水平衡情况及建设运行费用等合理确定循环水系统浓缩倍数。

6.1.6 本条规定是为了防止再生水污染生活水和其他给水。

6.2 处理工艺

6.2.1 当再生水水质未满足表6.1.3中的水质指标时，需进行深度处理后方可补入间冷开式循环冷却水系统。本条提出了深度处理工艺选择需考虑的基本因素。

6.2.2 考虑到再生水水源还包括矿井排水、间冷开式系统的排污水等，所以增加现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978的相关要求。对于污水处理厂的排水，深度处理系统的进水水质应最低满足现行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918中的二级标准要求；对于矿井排水、间冷开式系统的排污水等，深度处理系统的进水水质应达到现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978中的一级标准要求。

6.2.3 因为城镇污水处理厂的来水不太均衡，应设调节池进行调节，以保证均衡供水。

6.2.4 本条提出了不同再生水水源深度处理的基本工艺，在具体

工程中，可根据用水水质的要求等具体条件进行优化组合，并进行技术经济比较确定。其中，混凝澄清包括石灰凝聚澄清工艺，该处理工艺适用于碳酸盐硬度较高的情况，不仅可去除碳酸盐硬度，而且对浊度、COD、BOD和氨氮也有较高的去除率，当系统处理容量较大时，有较好的经济效益。超(微)滤—反渗透/电渗析除盐工艺处理水也可用于高水质净化系统的给水，在选用反渗透工艺时，应消除由于水的过度浓缩可能引起反渗透膜表面产生 $CaCO_3$、$CaSO_4$、$BaSO_4$、$SrSO_4$、CaF_2 和 SiO_2 等盐类和氧化物的结垢。

6.2.5 杀菌系统宜设置在澄清或者生化处理之后。如有生化处理时，应避免投加杀菌剂对细菌培养的影响。

6.2.6 间冷开式系统排污水进行回用时，根据工程运行经验，为便于排污水回收利用，建议循环水处理药剂宜采用无磷药剂，避免排污水出现磷超标的现象。

6.2.8 为改善石灰系统的运行条件，减少系统排渣量，石灰药剂宜采用消石灰粉。

7 排水处理

7.0.1 本条明确了开式系统的排水种类，设计者可按此范围逐一落实排水量、水质，对其中超过排放标准的排水应予以处理。排放标准是指国家标准、地方标准、市政排水标准以及污水处理厂的接受指标。

7.0.2 本条规定了排水处理方案设计工作的具体内容，以确保方案设计的完整性。

7.0.3 在直冷系统中，由于循环过程中损失水量较多，如工艺设备直冷喷洒飞溅蒸发的水量，水处理设备及构筑物（如一次沉淀、二次沉淀、化学除油、中高速过滤、泥浆调节、浓缩、脱水等过程）自然损失的水量。因此对 Q_w+Q_{b2} 提出了（0.004～0.008）Q_r 的经验数据。例如铸坯喷淋水量较大，可取上限，大型板坯甚至可扩大到 $0.01Q_r$。

7.0.4 循环冷却水系统的排水除了排污水之外，其余均为间断排水，为保持处理水量的稳定，结合全厂排水设施如污染雨水池、污水调节池等，设置调节池是必要的，并且可以有效节省投资。

7.0.5 本条说明一般不宜单独设置排水的生物处理设施，这是由于生物处理设施投资较多或占地较大。一般情况下循环冷却水系统经长期运行后，其排水可能会受到工艺物料污染，宜结合全厂生物处理设施统一考虑也比较恰当。

7.0.6 本条对闭式系统在停车或紧急情况下排出的、能够造成环境污染的循环冷却水，规定了应采取的解决方法。从环境保护的角度而言是需要的，同时也考虑到临时排出的有高浓度药剂的循环冷却水，在未受工艺侧物料污染情况下常可继续回用，因此加以贮存，以免浪费。

8 药剂贮存和投加

8.1 一般规定

8.1.1 本条提出了循环冷却水处理药剂的贮存原则。

缓蚀、阻垢剂露天随意堆放，易使包装受损，导致药剂泄漏、失效，甚至变质。不仅污染腐蚀周围环境，而且也影响处理效果。基于以上情况，本条规定循环冷却水处理药剂宜放入全厂性化学品仓库集中贮存。考虑到药剂的配置方便，需在循环冷却水装置区内设置药剂贮存间，贮存一定量的药剂，以备日常使用。

氧化性杀生剂有一定的毒性，其中液氯毒性很强而且还有爆炸危险，应与缓蚀、阻垢剂分开单独存放于专用仓库内。非氧化性杀生剂必须集中管理，根据用量大小设置专用库、专用间或专用柜，建立严格的贮存、保管和使用制度，保证使用安全，保护环境不受污染，防止人身伤害事故。

8.1.2 本条列出了确定药剂贮存量时应考虑的主要因素：

1 全厂仓库贮存的药剂量按15d～30d的消耗量确定，这是国内多数工厂的经验。设计时除考虑药剂消耗量外，库容大小还与工厂所在地的运输条件有关。如地处偏僻、交通不便的一些工厂，药剂仓库又远离车站或码头，药剂经由火车、轮船、汽车等多次转运才能入库，如果库容量过小，不但运输成本增加，而且偶有交通运输不畅，还会发生供药中断，对循环冷却水系统生产运行极为不利。贮存量还应考虑药剂市场的供应情况。

2 药剂贮存间的储备量，按目前大多数工厂的生产实践，一般每月进药3次～4次。故本条规定最大贮存量宜按7d～15d计算。

3 酸、碱液的总贮量应根据酸、碱液的来源、运输工具和运输

距离等因素综合考虑决定。目前国内一般按 10d～15d 的用量来贮存。用量小且靠近酸的来源地时，贮存天数可少些，反之则可多些。

当用槽罐车（火车或汽车）运输时，一般以槽罐车容量加上运输周转期中酸、碱库剩余量来考虑贮量。如不考虑周转期的库存酸、碱量会使槽罐车不能卸空，使运输车皮积压，造成不应有的经济损失。根据历年来各厂的生产经验，以槽罐车的容量加上 10d 用酸、碱量计算贮量为宜。

4 NaClO 杀生剂的有效氯浓度随着贮存时间的延长而降低，根据调查，有的厂采用罐装贮存，在夏季，有效氯浓度一个月降低 1%；有的厂采用桶装贮存，夏季有效氯浓度一周降低 1%，因此本条规定的贮存时间对药效影响很小。

8.1.3 根据药剂的贮存量，就可以依药剂包装形式与容许的堆高算出药剂库的设计面积。在确定药剂的堆放高度时，应考虑药剂包装形式和包装强度。

8.1.5 为便于操作管理，药剂贮存间应尽量靠近加药间。目前大部分工厂的药剂贮存间与加药间合并，在加药间内留有一定面积堆放药剂。这种方式对用药品种少、药剂毒性小是合适的。有的工厂将加药间和药剂贮存间用墙隔开，但留有便于通行的门洞相互连通，这种方式不如合用方式操作方便，但对药剂管理、改善加药间的操作条件，尤其对某些有毒药剂、要求避光药剂及一些有特殊要求的药剂还是较合适的。

目前的水处理药剂大部分采用 25kg 的塑料桶包装，因此人工搬卸药剂的劳动强度较大，故本条推荐采用运输设备，以减轻操作人员的劳动强度。

8.1.6 循环冷却水处理使用的药剂性质是多种多样的，有的有毒，有的无毒，有的具有腐蚀性，有的具有黏附性，有的易于潮解，有的要求避光保存等。故药剂的贮存、配制、投加设施、计量仪表和输送管道等应分别不同情况采取相应措施。

8.1.7 循环冷却水处理使用的药剂有凝聚剂、助凝剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀生剂,以及其他常用水处理药剂等。药剂的性质、状态、包装多种多样,因此药剂的贮存间和加药间的设计都应根据药剂性状与其贮存、使用条件,在建筑标准、防火等级、卫生、环境保护、安全生产等方面按相关标准、规范执行。

8.1.9 水处理使用的药剂具有毒性、刺激性、腐蚀性、黏附性,所以在加药间、药剂贮存间、酸、碱贮罐附近应设置安全洗眼淋浴器等防护设施。

8.1.11 本条规定了药剂和酸、碱的输送管道的敷设方式,以利于安全生产及检修。

8.2 酸、碱贮存及投加

8.2.1 本条就酸、碱液的贮存做出规定。

1 运送酸、碱液的槽罐为常压设备,禁止带压操作,如果采用压缩空气加压方式装卸酸、碱液时,可能使槽罐破裂,以致酸、碱液外泄,造成人身伤害事故。因此槽罐卸酸、碱液一般都采用负压抽吸、泵输送或自流的方式。

2 酸、碱液的封闭贮存涉及酸、碱液贮存的安全操作。设置围堰或放置于事故池内是为了当罐体发生腐蚀穿孔或阀门、管道接口处有严重泄漏时,围堰或事故池用以贮存泄漏出来的酸、碱液,避免四处溢流烧伤操作人员和腐蚀地面。围堰或事故池内的集水坑主要是用来收集泄漏出来的酸、碱液,便于泵抽吸排出。

3 本款规定酸、碱液贮罐的排气口(管)应采取相应措施,以防止污染环境,降低酸、碱液浓度和腐蚀贮罐。

8.2.3 加酸、碱点宜在冷却塔水池水位以上,因为酸、碱的比重大,会沉到水池底部,对池底的混凝土有腐蚀作用。加酸、碱位置布置在冷却塔水池或吸水池中补充水管出口附近,利用补充水的扰动加快酸、碱的稀释。加酸、碱管出口在最高水位以上,便于观察酸、碱的投加情况。

8.2.4 循环冷却水系统通常使用硫酸调节 pH 值。这是因为用盐酸调节 pH 值时,会将氯离子带进水中,对系统中的不锈钢换热设备有害。

采用浓硫酸直接投加方式较为简便。浓硫酸的贮存、输送及提升设备使用普通碳钢材料即可。当采用稀硫酸投加时,其运输、贮存、投加设施要求的材质较高,需要不锈钢管道和设备,碳钢制的贮存设备需要用铅或橡胶衬里。

8.3 阻垢缓蚀药剂投加

8.3.1 液体药剂采用原液投加方式(经计量泵或水射器),操作简便,运行情况良好。

8.3.2 循环冷却水处理中投加药剂是否准确,直接影响到循环冷却水处理的效果。采用计量泵或水射器(以转子流量计计量)按一定比例投加,可保证投加量的稳定和准确。

为保证计量设施在出现故障时也能正常工作,故本条规定连续运行的计量泵宜设备用。

8.3.3 本条规定了加药口的位置,目的是使药液易于与循环冷却水均匀混合,尽快发挥作用。

8.4 杀生剂贮存及投加

8.4.1 杀生剂都具有一定的毒性和腐蚀性,本条中的各项要求是保证杀生剂安全贮存的必要条件。

8.4.2 杀生剂为液体制剂时采用重力投加或计量泵投加,投加量便于控制,计量泵应设备用。固体制剂经过溶解槽溶解成液体后投加,也是为了便于控制投加量。

8.4.4 本条对液氯的贮存及投加做出规定。

氯气是有毒气体,具有强烈的刺激性。氯气在低温加压后呈液体,将其注入能承受一定压力的特制钢瓶内,即通常所见的液氯钢瓶。如放置在露天,经曝晒后,瓶内液氯吸热气化,钢瓶内压增

加，有爆炸的危险。任意在露天乱放，还会使钢瓶上的保险帽锈蚀，使用时打不开，或者松动脱落，或者碰坏保险阀造成氯气外溢，污染环境。故本条规定，液氯钢瓶应贮存在专用仓库中，不能露天存放。本条提出了氯瓶间和加氯间的设计要求：

(1)对于较大规格的氯瓶，采用人力搬运装卸既不安全，劳动强度也大，故规定采用起吊及运输设备，但不得使用叉车。

(2)泄漏氯气与空气中的水分反应后对钢铁材料有一定的腐蚀性，因此规定加氯间内的电气设备及灯具应采用密闭、防腐类型产品，以防因腐蚀造成电器短路。

2 本款规定加氯机的总容量宜按最大小时的加氯量确定。同时为了保证加氯的正常进行，应根据加氯机的实际数量设置备用，以保证当其中一台发生故障时，备用加氯机即可投入使用，备用能力不应小于最大1台工作加氯机的加氯量。当补充水需进行加氯处理时，加氯机的容量按最大小时连续加氯量确定。

8.4.5 本条规定了杀生剂的投加点位置，目的是使其易于与循环冷却水均匀混合，尽快发挥作用，见图1。

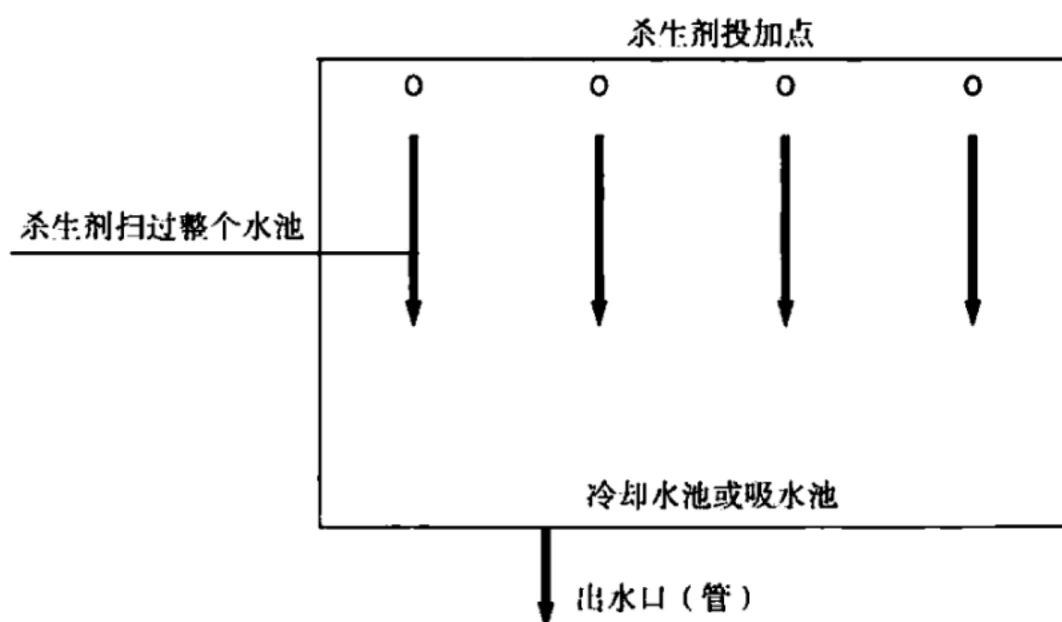


图1　杀生剂的投加点位置

9 监测、控制和检验

9.0.1 为了保证循环冷却水的处理效率，降低系统运行管理成本，确保系统安全稳定运行，宜采用在线检测技术，实时监控循环冷却水的水质、水量和药剂变化，通过自动控制系统能够实现循环冷却水系统的高效稳定运行。

9.0.2 设置这些仪表的目的在于及时掌握运行情况，以利于操作管理，也便于考核系统的各项经济指标和事故分析。

在总管上设仪表，可以减少仪表重复设置的数量。当循环冷却水系统同时向几个生产装置供水时，每个装置的供水干管上均应设置仪表。

仪表的形式、精度既与循环冷却水系统操作、管理需要有关，又和各工艺生产装置的仪表水平相适应。

在供水干管上设置仪表，有时不足以反映工况条件要求严格的换热设备的腐蚀或结垢状况，因此对个别要求严格的关键性换热设备，亦应在设备进水和出水管上设置流量、温度、压力仪表。

增加对排污水计量的规定，可有效监控循环冷却水的浓缩倍数。

9.0.3 为了检验循环冷却水处理效果，可在给水总管或在生产装置的给水干管上设置具有模拟功能的小型监测换热器，可在热流密度、壁温、材质、流速、流态、水温等方面模拟实际换热设备的条件，用来检测污垢热阻值（或黏附速率）和腐蚀速率。或者直接选定工艺介质污垢系统变化小的换热器，比如冷凝器、气体压缩机级间冷却器，监测其总传热系数等参数的变化来检验循环水处理效果。

监测试片主要用来监测腐蚀情况，比较多的是设在给水管路

上。有的工厂也安装在回水管道上，缺点是没有换热面，优点是迅速、简便，同时可设多种材质试片。

在冷却塔水池内设监测试片，由于池内水流速不均，不同位置的监测试片，其腐蚀速率差异较大，故一般较少采用。

生物黏泥测定一般由给水总管或回水总管取样。生物黏泥量的多少反映了循环冷却水中微生物危害的程度。

9.0.4 钢铁厂直冷水建议采用监测试片来检测腐蚀情况，试片架一般应安装在给水管路。

9.0.5 取样管容易在设计时被忽视，造成检测不便，故有必要进行规定，这些取样管可以就地，也可集中，在北方冬季要注意防冻。

换热设备出水管设取样管的目的在于检查该设备是否有物料泄漏。

9.0.6 为控制循环冷却水系统的浓缩倍数，维持系统中稳定的药剂浓度，便于操作管理，并达到预期效果，要求系统内各水池的水位变化能控制在一定的范围内，同时也为了防止补充水量的突然变化，引起池内水位下降或升高，造成水泵抽空的事故或溢流，所以吸水池一般都设有液位计(引至控制室)，并设高、低液位报警。水池水位与补充水管阀门宜设联锁控制。

9.0.7 本条规定了设置化验室的基本原则。

化验室规模和设施因工厂的生产性质、规模，以及对循环冷却水处理的检测项目的不同而有差异。为了节约化验室的投资，循环冷却水处理检测项目的分析化验设施宜利用中央化验室或委托其他单位。

9.0.8 水质常规检测是为了及时发现循环冷却水水质的异常变化，以便采取应对措施。不同的循环冷却水系统对水质控制指标的要求也不同。

(1)对间冷系统：表 9.0.8 中各项目均与循环冷却水的水质变化趋势密切相关，通过数据的变化可反映出循环冷却水系统的腐蚀、结垢情况及运行是否正常。

药剂浓度分析的目的是保持加药量的稳定，及早发现问题，及时处理，确保稳定的处理效果。

（2）对直冷系统：水处理主要目标是净化水质、控制系统结垢问题，应检测控制的项目有4项：悬浮物、pH值、硬度和碱度，其他检测项目可作参考。

（3）本次修订增加了铜离子、NH_3-N_4和COD共3项检测项目。

控制水质指标的最终目的是控制循环冷却水系统中换热设备的腐蚀、结垢和微生物数量，确保生产运行的稳定高效。

9.0.9 通过循环冷却水非常规项目的检测可以直观准确地判定水质处理效果，并根据检测结果找出问题的症结，改进处理方法。

9.0.10 水质全分析可从多方面分析判断补充水和循环冷却水水质存在的问题，制定针对性的解决办法。

对间冷系统而言，补充水水质是循环冷却水水质处理的基准数据。有些地区补充水水质随季节而变化，因此要密切掌握其水质变化规律。

9.0.11 再生水的水质波动非常大，需要增加水质全分析项目，尽可能及时了解其变化，并根据情况调整循环冷却水操作和处理方案。



统一书号：155182 · 0186

定　　价：18.00 元